

**Тунакова Юлия Алексеевна**

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ БИОСРЕД КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ  
ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И  
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МИНИМИЗАЦИИ ОПАСНОСТИ  
(НА ПРИМЕРЕ г. КАЗАНИ)**

03.00.16 – экология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора химических наук

Казань 2006

Работа выполнена в ГОУ ВПО Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, Институте экологии природных систем Академии наук Республики Татарстан, ГОУ ДПО Казанская государственная медицинская академия.

Научные консультанты: доктор химических наук, профессор  
**Будников Герман Константинович**  
доктор медицинских наук, доцент  
**Файзуллина Резеда Абдулахатовна**

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор  
**Фридланд Сергей Владимирович**  
доктор химических наук, профессор  
**Сафарова Валентина Исаевна**  
доктор медицинских наук, доцент  
**Сафина Асия Ильдусовна**

Ведущее учреждение Институт безопасности жизнедеятельности  
Республики Башкортостан (г. Уфа)

Защита состоится 19 декабря 2006 г. в 14<sup>00</sup> на заседании диссертационного Совета Д 212.081.19 при ГОУ ВПО «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина» (420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ГОУ ВПО «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина»

Автореферат разослан 16 ноября 2006 г.

Ученый секретарь Диссертационного Совета,  
доктор химических наук, профессор



Г.А.Евтюгин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Наиболее информативными объектами исследования в системе экологического мониторинга металлов на урбанизированных территориях являются атмосферный воздух, определяющий аэрогенное поступление поллютантов на территорию города, депонирующие среды - снежный и почвенный покровы, питьевые и хозяйственные воды, как характеристика водооборота города. Причем комплексная оценка содержания металлов в этих объектах позволяет выявить металлы, изменчивость содержания которых является индикатором напряженности экологической ситуации в городе.

В случае ограниченных в пространстве и времени данных экспериментальных наблюдений, содержание металлов в компонентах природной среды может рассчитываться с использованием методов математического моделирования. Посредством геохимического картографирования распределения загрязняющих веществ в природных средах можно охарактеризовать интегральную степень загрязнения, провести эколого-геохимическое зонирование территории, выделить зоны повышенного загрязнения, а также оценить вклад основных источников загрязнения.

Для повышения достоверности оценок экологического состояния окружающей среды и экологических прогнозов важное методологическое значение имеет поиск и обоснование новых маркеров экологического неблагополучия.

Согласно биогеохимической теории академика В.И. Вернадского (концепция «атомных вихрей»), в результате биогенной миграции атомов практически все элементы внешней среды в большей или меньшей степени поступают во внутреннюю среду организма человека, что определяет его отклик на изменения химического состава среды обитания.

В связи с этим представляет интерес использование биосред организма человека как объекта экологического мониторинга, позволяющего оценить характер и степень воздействия металлов на территории мегаполиса. Исследование содержания металлов в биосредах отражает интегральный эффект их воздействия и может быть использовано исследователем как последний аналитический «срез» при проведении экологического мониторинга территорий.

Металлы поступают в организм преимущественно с потребляемой питьевой водой и вдыхаемым воздухом, циркулируют в крови, выводятся в основном с мочой и калом. Одним из мест их активного депонирования являются волосы.

Содержание металлов в волосах отражает их длительное поступление, в моче и в сыворотке крови – динамично реагирует на изменения содержания металлов во внешней среде. Эти обстоятельства обусловили выбор данных биосред в качестве объектов экологического мониторинга металлов на исследуемой территории. Нами исследовались биосреды детского населения в силу их большей чувствительности и возможности проводить исследование территориально-дифференцированно.

Известны недостатки использования величин ПДК для оценки качества объектов окружающей среды, которые не учитывают региональные особенности резистентности живых организмов, проживающих на исследуемой территории. Накопление металлов в биосредах позволяет адекватно оценивать регио-

нальные особенности и степень антропогенного воздействия металлов на человека. Эти преимущества особенно значимы, если обратиться к конечным целям проведения экологического мониторинга - обеспечению экологической безопасности населения.

Для обеспечения экологической безопасности населения, проживающего на исследуемой территории, необходима разработка рекомендаций по уменьшению неблагоприятных воздействий среды на человека. С целью минимизации негативных влияний повышенных уровней содержания металлов во внешней среде необходимо разработать методы как для предотвращения дальнейшего накопления металлов, так и для выведения их избыточного количества из организма.

**Цель исследования:** Количественное описание зависимости содержания металлов в компонентах окружающей среды и биосредах детей, оценка экологически безопасных пороговых уровней содержания и разработка рекомендаций для минимизации последствий полиметаллического загрязнения урбанизированных территорий.

**Задачи исследования:**

1. Провести эколого-геохимическое зонирование территории г. Казани по уровню загрязнения металлами атмосферного воздуха, снежного и почвенного покровов, питьевых вод и по содержанию металлов в биосредах детей. Выделить металлы, изменчивость содержания которых является индикатором напряженности экологической ситуации в городе.
2. Разработать подходы к оценке и определить степень загрязнения металлами приземного слоя атмосферы в условиях недостаточности данных систематических наблюдений.
3. Оценить поступление металлов в результате движения автотранспортных средств (АТС) с помощью расчетных и экспериментальных методов.
4. Оценить риск превышения содержания металлов над фоновым на территории г. Казани по зонам исследования, выделить зоны риска.
5. Выявить металлы, являющиеся причинно-значимым фактором среды, определяющим изменчивость всей выборки значений и влияющим на содержание металлов в биосредах детей.
6. Разработать математические модели, отражающие связь между содержанием металлов во внешней среде и внутренней среде организма и позволяющие прогнозировать накопление металлов в организме в зависимости от их содержания в среде. Определить пороговые содержания металлов в среде на основании их накопления в биосредах.
7. Оценить степень вторичного загрязнения питьевых вод металлами и определить эффективные способы ее доочистки в конечной точке потребления с целью предотвращения дальнейшего поступления металлов в организм с питьевой водой.
8. Определить характер нарушений баланса металлов в организме (выявить металлы, содержание которых в организме избыточно или дефицитно) на основании региональных нормативов содержания металлов в биосредах.

9. Оценить сорбционную емкость ряда энтеросорбентов в отношении металлов. Разработать и оценить эффективность мероприятий для выведения и нормализации баланса металлов в организме детей с помощью энтеросорбентов и биологически активных добавок (БАД).

10. Оценить эффективность методов и разработать рекомендации для оптимизации водоочистки от металлов на Волжском водозаборе.

### **Научная ценность и новизна результатов исследования**

Работа выполнена с целью развития теоретических и прикладных основ экологического мониторинга полиметаллического загрязнения урбанизированных территорий и обеспечения экологической безопасности населения.

Определена необходимость корректировки результатов, полученных в ходе расчетного мониторинга содержания металлов в приземном слое атмосферы г. Казани с помощью результатов натурных наблюдений за содержанием металлов в снежном покрове. Определены подходы к оценке поступления металлов с передвижными источниками загрязнения.

Использованный комплексный метод исследования содержания металлов в приземном слое атмосферы (расчетные методы и косвенная оценка по уровню загрязнения снежного покрова), питьевой воде и почвенном покрове, а также содержания в различных биологических средах детей позволил выделить металлы- критерии зонирования, изменчивость содержания которых является показателем напряженности воздействия факторов среды на территории города, провести четкую дифференциацию зон исследования и выделить зоны риска.

С помощью ряда современных статистических методов анализа (факторный, кластерный, корреляционный, регрессионный), определены причинно-значимые факторы, в наибольшей степени влияющие на содержание металлов в биосредах детей и разработаны математические модели, позволяющие прогнозировать изменчивость содержания металлов в организме в зависимости от их содержания во внешней среде.

Определены пороговые содержания металлов в природных средах (снежный и почвенный покровы, питьевая вода) с помощью разработанных в настоящей работе моделей, отражающих связь между содержанием металлов в окружающей среде и биосредах (волосы), и региональных нормативов содержания металлов в волосах детей.

Определена эффективность различных типов фильтров (сорбционных - «Барьер», «Brita»; ионообменных - "Родник-3М", "Росинка", «Водолей»; мембранных обратного осмоса - "ECO MASTER", "Instapure", "Omni total plus") для доочистки потребляемой питьевой воды и сорбционная способность энтеросорбентов/БАД («Полифепана», «Литовита-М», «Феокарпина», «Неоселена») по отношению к металлам.

## **Практическая значимость**

Разработаны схемы для исследования загрязнения металлами приземного слоя атмосферы на всей территории города за счет действия стационарных и передвижных источников загрязнения в условиях недостаточности данных систематических наблюдений.

Обосновано использование принципиально новой схемы расчета поступления металлов в результате движения АТС с помощью нейронных сетей. Определение степени нагруженности автомагистралей позволит разработать рекомендации по перераспределению автотранспортных потоков и уменьшению степени загрязнения приземного слоя атмосферы.

Проведенное комплексное районирование территории г. Казани по степени загрязнения металлами приземного слоя атмосферы, питьевой воды, почвенного покрова, выявленные зоны повышенного загрязнения могут служить основой для разработки комплекса природоохранных мероприятий, экологического обоснования схем развития и размещения производственных объектов, генеральных планов городов и кадастровой оценки городских земель.

Показано, что для определения степени воздействия металлов на организм, расчета пороговых содержаний металлов в среде, целесообразно использовать ряд современных математических методов анализа (факторный, кластерный, корреляционный, регрессионный), различным способом выявляющих связи между переменными и устанавливающих степень значимости факторов.

Выявленные на основании анализа динамично изменяющихся биосред (сыворотка крови, моча) нарушения баланса металлов в организме позволили определить необходимость мероприятий по предотвращению дальнейшего поступления (доочистка питьевой воды) и выведению депонированных в организме металлов (сорбционные технологии).

Разработаны рекомендации по доочистке питьевой воды в конечной точке потребления, в домах и квартирах в зависимости от источника водоснабжения (поверхностный, подземный) и содержания металлов в пробах потребляемой питьевой воды с учетом ее вторичного загрязнения в результате прохождения по водоводам и разводящим сетям.

На основании определения исходного содержания металлов в биосредах и сравнительной эффективности энтеросорбентов/БАД разработаны, апробированы и внедрены мероприятия по выведению избыточного количества металлов и нормализации баланса металлов в организме.

Разработаны рекомендации по оптимизации водоочистки от металлов для Волжского водозабора с использованием реагентного (коагуляция) и безреагентного (омагничивание) методов.

**Внедрение результатов исследования.** Результаты диссертационной работы внедрены в практику отдела биогеохимии Института экологии природных систем Академии наук Республики Татарстан, учебный процесс кафедры «Промышленная экология» ГОУ ВПО Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, практику и учебный курс кафедры «Педиатрия» ГОУ ДПО Казанская государственная медицинская академия.

### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Количественная характеристика содержания металлов в первом (компоненты окружающей среды) и последнем (биосреды детей) звеньях биогеохимической цепи, выделение металлов – индикаторов напряженности экологической ситуации, эколого-геохимическое зонирование территории крупного мегаполиса по опасности полиметаллического загрязнения, определение зон риска.

2. Оценка и сравнительная характеристика микроэлементного состава биосред детей (кровь, моча, волосы) в зависимости от содержания металлов в питьевой воде (поверхностный, подземный источник водоснабжения, вторичное загрязнение) и приземном слое атмосферного воздуха (депонирующие среды).

3. Математические модели взаимосвязи содержания металлов в биосредах и компонентах окружающей среды урбанизированных территорий как основа для оценки диапазона экологически безопасного порогового содержания металлов в почвах, снеге, питьевых водах урбанизированных территорий.

4. Сравнительная оценка эффективности очистки и доочистки питьевой воды от избыточных металлов с использованием различных схем коагуляции, типов фильтров, и рекомендации по коррекции содержания металлов в организме.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были доложены на:

- I, II, III международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера» (Казань, 1999, 2001, 2003),

- межвузовской конференции "Экологическое образование и охрана окружающей среды" (Казань 1999),

- всероссийской научно-технической конференции "Композиционные материалы в авиастроении и народном хозяйстве" (Казань, 1999, 2001),

- всероссийской конференции «Наука-Образование-Производство в решении экологических проблем» (Уфа, 1999),

- международной конференции «Проблемы инженерного обеспечения и экологии городов» (Пенза, 1999),

- всероссийской конференции молодых ученых «Перспективы развития Волжского региона» (Тверь, 2000),

- республиканской конференции «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань 2000, 2003),

- международной научно-технической конференции «Инженерная экология - XXI век» (Москва, 2000),

- всероссийской научно-практической конференции «Проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии Зауралья» (Курган, 2000),

- межвузовской научно-технической конференции «Автоматика и электронное приборостроение» (Казань, 2001),

- всероссийской научно-практической конференции «Техносферная безопасность» (Ростов -на -Дону - Шепси, 2002, 2005, 2006),

- научно-практической конференции молодых ученых (Казань, 2006, КГМА),

- конгрессе детских гастроэнтерологов России (Москва, 2006).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 60 работ, в том числе 9 работ в журналах, рекомендованных ВАК.

**Личный вклад автора.** Постановка задачи исследования, отбор проб и химический анализ содержания металлов в компонентах окружающей среды и биосредах детей, создание банков данных по метеорологическим параметрам и количественному, качественному составу и условиям выбросов, интерпретация и обсуждение экспериментальных данных, статистическая обработка результатов экспериментов выполнены лично автором либо под его руководством. Лично автором проведено обобщение и формулирование выводов и разработка рекомендаций на основе экспериментальных данных. Соавторами публикаций являются научные консультанты (д.х.н., профессор Будников Г.К., д.м.н., доцент Файзуллина Р.А.), коллеги, принимавшие участие в обсуждении результатов (к.б.н., Иванов Д.В., с.н.с. Валиев В.С., к.т.н., Девисилов В.А., к.т. н. Новикова С.В., к.г.н. Шлычков А.П., к.х.н. Жданова Г.Н.), а также сотрудники, принимавшие участие в экспериментальной работе (с.н.с. Валиев В.С., к.г.н., Фатхутдинов М.Г.), которым автор приносит благодарность. Автор благодарит д.б.н. Савельева А.А. за помощь в подготовке программы для расчета поля загрязнения атмосферы металлами.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 315 страницах машинописного текста. Она состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, 10 глав обсуждения результатов, выводов, практических рекомендаций, библиографического указателя, включающего 580 источников, в том числе 498 - отечественных и 82 зарубежных публикаций. Работа иллюстрирована 34 таблицами, 160 рисунками.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **Введении** сформулированы актуальность и цель диссертационной работы, поставлены задачи исследования, изложены положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость работы.

В **Литературном обзоре** дан критический анализ представлений различных авторов о предмете и задачах экологического мониторинга, обосновано использование биосред детей как объекта экологического мониторинга урбанизированных территорий, рассмотрены существующие подходы к эколого-геохимической оценке городов и способы представления результатов оценки. Рассмотрены задачи и особенности проведения экологического мониторинга металлов в приземном слое атмосферного воздуха, снежном и почвенном покровах. Детально рассмотрены пути поступления металлов в организм человека и способы выведения избыточных металлов из организма, пути предотвращения избыточного поступления металлов в организм по водному пути (оптимизация очистки питьевых вод на водозаборе и доочистка в конечной точке потребления). Приведен аналитический обзор способов оценки степени антропогенного влияния поллютантов на организм человека и подходов к определению пороговых содержаний.

В главе **Объекты и методы исследования** приводятся способы исследования выделенных объектов мониторинга, используемые методы исследования и способы обработки результатов.



Для расчета поля загрязнения приземного слоя атмосферы был создан банк данных по материалам инвентаризации томов ПДВ источников выбросов 83 предприятий и автохозяйств по качественному, количественному составу выбросов, а также параметрам выхода газовой смеси из трубы для более чем 8000 стационарных источников загрязнения г. Казани.

Для учета вклада метеорологических величин и явлений были изучены материалы наблюдений на 2 метеорологических станциях «Казань, университет» (КГУ) и «Казань, опорная» (Агентство Аэрофлота) УГМС РТ за десятилетний период (1986-1996) гг., характеризующийся непрерывностью и однородностью наблюдений с периодичностью в месяц и создан банк данных по основным метеорологическим параметрам, влияющим на рассеивание примесей: повторяемость скоростей ветра 0-1, 2-3, 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-17, 18-20 м/с; дисперсия направлений ветра по румбам; суммарное количество осадков; повторяемость дней с осадками  $> 0.5$  мм,  $> 1$  мм,  $> 1.5$  мм; повторяемость туманов.

Для оценки поступления примесей в воздушный бассейн в результате движения АТС транспортный поток и его марочный состав определялись путем непосредственного подсчета количества транспортных единиц в течение часа в утренние (8-9), дневные (13-14) и вечерние (17-18) часы на 40 автомагистралях города. Выбранные магистрали позволили охватить все основные направления, как радиальные, так и кольцевые. Для корректировки результатов, полученных расчетным путем, были проведены натурные наблюдения (опробование) снежного и почвенного покровов на содержание металлов. Пространственная картина техногенных ореолов рассеяния загрязняющих веществ выявлялась посредством геохимического картирования.

Детальные исследования уровня загрязнения снежного покрова г. Казани были проведены в течение сезонов 1999–2001 (селитебная часть, районы, прилегающие к крупным промышленным предприятиям и объектам энергетики, зонам действия автомагистралей). Отбор проб снега проводился в первой декаде марта, в период максимального его накопления. На территории г. Казани была заложена сеть из 300 снегопунктов (точек отбора проб), при этом густота сети отбора составляла не менее 1 точки на 1 км<sup>2</sup>. На каждом пункте методом конверта отбиралось 5 проб на всю глубину снежного покрова, из которых затем составляли смешанный образец. Содержание металлов - Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn и Fe определялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (ААС) на приборе ААС 3. Общее количество проанализированных образцов снега - 620, в т.ч. 1999 г. - 180, 2000 г. - 200, 2001 г. - 240.

Фоновые показатели содержания и поступления металлов в снежный покров определялись путем статистической обработки данных методом квартилей как нижняя квартиль статистического ряда.

Оценка уровня химического загрязнения снега проводилась с помощью коэффициентов концентрации металлов и суммарного показателя загрязнения, характеризующего степень загрязнения ассоциацией элементов относительно фона. На основе опорной сети точек были построены карты поверхностей загрязнения снежного покрова г. Казани по суммарному показателю загрязнения,

определены местоположения условно – чистых зон и зон повышенного загрязнения.

Для оценки качества питьевого водоснабжения г. Казани исследовались результаты анализов проб воды, приготавливаемых на водозаборах КП «Водоканал», в динамике (1996-2001 гг.) для наиболее крупных поставщиков воды питьевого качества - Волжского, Азинского, Дербышкинского водозаборов.

Для оценки вторичного загрязнения питьевых вод после прохождения по водоводам и разводящим сетям в квартирах выделенных зон исследования г. Казани были отобраны пробы воды для определения содержания в ней Pb, Cu, Zn, Cr, Sr, Fe (1320 элементопределений).

Для разработки рекомендаций по оптимизации процесса водоочистки на Волжском водозаборе исследовалась величина оптической плотности после прохождения процесса коагуляции с использованием различных коагулянтов ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $\text{FeCl}_3$ ;  $\text{FeCl}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (1:1)) и с предварительным омагничиванием воды в постоянном (напряженность 30 кА/м, 80 кА/м и 170 кА/м, 200 кА/м) и переменном (частота 100 кГц и более 100 кГц) магнитном поле на приборе ФЭК-2 (250 проб).

Для оценки содержания металлов в почвенном покрове было проведено геохимическое исследование в поверхностных горизонтах почв 1999-2001 г. Казани по принятой нами стандартной сети пробоотбора ( $n=287$ ), соответствующей станциям отбора проб снега, что позволило получить сравнимые результаты. Аналитическое определение металлов Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn (415 образцов) проводилось методом ААС на приборе СА-10МП.

При проведении ретроспективного анализа геохимических данных использовались представительные ( $n=235$ ) фондовые материалы, характеризующие содержание металлов в почвах (мг/кг), твердой фазе снега (мг/кг) и снеговой воде (мг/л), полученные ВНИИгеолнеруд в 1989 г.

Исследование содержания металлов (Pb, Cu, Zn, Cr, Sr, Fe) в различных биологических средах (сыворотке крови – 3120 проб, отобранных у 520 детей; суточной моче - 2922 пробы, отобранные у 487 детей; волосах – 1140 пробы, отобранные у 190 детей) проводилось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе СА-10МП. Известно, что содержание металлов в динамично реагирующих биосредах (кровь, моча) отражает эффект кратковременного поступления металлов в среду, а накопление в волосах – эффект длительного воздействия. На основании определения содержания металлов выбранных биосредах выделялись металлы, накапливающиеся в организме при поступлении из городской среды.

После топографической привязки точек отбора проб к карте г. Казани и совмещения точек пробоотбора с адресами проживания детского населения, была составлена матрица данных. Каждой точке отбора проб снега, почвы, питьевой воды сопоставлялись данные по содержанию металлов в крови, моче, волосах детей.

Для проведения эколого-геохимического зонирования территория г. Казани была поделена на зоны, которые соответствовали зонам обслуживания поликлиник. Такое выделение зон является более соответствующим целям иссле-

дования, нежели принятое деление территории по административным районам и местоположениям аномалий. Результаты, представляющие зональное распределение металлов, приведены в виде моноэлементных картосхем, подготовленных с помощью ГИС-пакета «MapInfo Professional 6.0» с использованием методов геокодирования.

Выделение металлов, изменчивость содержания которых может служить критерием зонирования территории города, проведено на основе подробного анализа распределения содержания металлов в различных средах, включающего детальную информацию по каждому элементу. Детальная характеристика содержания и распределения каждого металла позволила найти индивидуальные особенности и учесть степень их воздействия как экологических факторов малой интенсивности. Полученные гистограммы аномального распределения позволили выделить металлы, изменчивость содержания которых может служить критерием зонирования территории города.

Зоны риска определялись путем нахождения фонового уровня фактора, который служил характеристикой верхнего предела допустимого риска, рассчитывалась величина первого квартиля ранжированного ряда. Показателем верхней границы умеренного риска служило значение второго квартиля (медиана), повышенного - третий квартиль. Введение в анализ понятия шкалы рисков позволило не только проводить сравнение рисков по зонам, но и выявить преимущественные (лимитирующие) риски, при этом оценки степени риска не чувствительны к размерности отдельных факторов. Оценивалась статистическая вероятность превышения показателя над фоновым значением на исследуемой территории (вероятностный риск) для содержания металлов в биосредах (кровь, моча, волосы), в снежном и почвенном покровах, в питьевой воде. По совокупности вероятностных рисков, рассчитанных для каждого металла, определялись зоны риска, что позволило обобщить результаты эколого-геохимического зонирования территории г. Казани.

Для представления данных в наглядных структурах, использовался метод кластерного анализа. При анализе было использовано объединение по методу Варда или метод древовидной кластеризации, который используется при формировании кластеров несходства или расстояния между объектами. Соответствующая древовидная кластеризация была проведена по содержанию металлов в питьевой воде, в почве, в снежном покрове. Были выявлены ведущие признаки, формирующие изменчивость распределения металлов в средах по зонам исследования.

Для изучения взаимосвязи между большим числом переменных, которые являются следствием проявления общих причин и могут содержать сведения об изучаемом явлении, были использованы методы факторного анализа. Целью использования этих методов являлось получение понятной (интерпретируемой) матрицы нагрузок, то есть факторов, которые ясно отмечены высокими нагрузками для одних переменных и низкими - для других. Для каждой переменной составляющей совокупности рассчитывались факторные нагрузки. Нагрузки интерпретировались как корреляции между соответствующими переменными и факторами, таким образом, они представляли наиболее важную информацию,

отражая значимость (вклад) той или иной переменной в данной их совокупности. Сравнение результатов факторного и кластерного анализов позволило выделить металлы, являющиеся причинно-значимыми факторами среды.

В результате исследования были получены модели линейной регрессии и полиномиальной подгонки, отражающие зависимость содержания металлов в организме от содержания в среде, которые использовались для расчета пороговых содержаний металлов, выделенных в качестве причинно-значимых факторов среды.

Для разработки рекомендации по доочистке потребляемых питьевых вод с учетом их вторичного загрязнения металлами тестировались различные типы фильтров (мембранные обратного осмоса, ионообменные и комбинированные, сорбционные). Использовались только новые системы очистки, не более чем с 10% отработанным ресурсом относительно гарантийных сроков. Сравнительная оценка эффективности фильтров проводилась на основании измерения концентраций ионов металлов (Pb (II), Sr(II), Cr(III), Zn(II), Fe(II)), до и после прохождения через фильтр, а также снижение жесткости на атомно-абсорбционном спектрофотометре СА-10МП.

Для выведения избыточного количества металлов из организма определялась сорбционная ёмкость энтеросорбентов («Полифепан», «Литовит-М», «Феокарпин»), предназначенных для выведения и детоксикации ксенобиотиков, по отношению к ионам Pb(II), Sr(II), Cr(III), Zn(II), Cu(II). С этой целью навески «Полифепана» (массой 2 г), «Литовита-М» (массой 0,7 г) и «Феокарпина» (массой 1,85 г) заливались растворами стандартных наборов этих солей (ГСОРМ-1, ГСОРМ-2) в соответствующем разведении водой. Концентрация элементов в полученном растворе была в соотношении, близком к физиологическому. Затем растворы отфильтровывались и в фильтрах измерялись концентрации исследуемых металлов (мкг/мл).

У детей определялось содержание металлов в сыворотке крови и моче, выявлялись дефицитные металлы и металлы с избыточным содержанием в организме на основании региональных нормативов содержания металлов в биосредах.

Для уменьшения степени негативного воздействия на организм были разработаны и внедрены дифференцированные мероприятия по нормализации содержания металлов в организме с помощью энтеросорбентов («Полифепан», «Литовит-М», «Феокарпин»), БАД «Неоселен», усиливающим активность ферментных систем, ответственных за биотрансформацию металлов в водорастворимые метаболиты и выведение их из организма, и сочетанное применение «Полифепан+Неоселен».

В качестве контроля эффективности использования энтеросорбентов/БАД применялось традиционное санаторно-курортное оздоровление без использования препаратов, сорбирующих и выводящих металлы из организма. Для оценки эффективности использования ряда энтеросорбентов/БАД повторно исследовалось содержание металлов в сыворотке крови и моче, после завершения их применения.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с помощью программы «STATISTICA 6.0». Достоверность различий средних сравниваемых величин определялась по  $t$  критерию Стьюдента. За достоверное принимали различие на уровне значимости 95% ( $p < 0,05$ ).

Остальные главы диссертации посвящены **Обсуждению основных результатов** диссертационной работы.

Для оценки аэрогенного поступления металлов на территорию города необходимо учитывать действие стационарных и передвижных источников загрязнения. Систематические наблюдения (измерения в 3 точках города) не дают полной картины пространственно-временного распределения металлов на территории города.

На фоне ограниченных данных были использованы методы математического моделирования процессов рассеивания и переноса при удалении от источников и рассчитаны приземные концентрации примесей. Адекватность результатов расчетов определяется полнотой учета источников загрязнения и факторов, определяющих рассеивание примесей. Модель, используемая для расчета, должна быть проверена, путем сопоставления результатов, полученных расчетным путем и экспериментально.

Анализ параметров выбросов металлов, поступающих в воздушный бассейн от стационарных источников загрязнения показывает, что они поступают преимущественно в виде холодных выбросов ( $\Delta T < 50^\circ \text{C}$ ) с небольшой скоростью ( $1 < V < 10$  м/с) на небольших высотах ( $1 < H < 20$  м), что способствует аккумуляции металлов в приземном слое атмосферы и созданию высоких локальных концентраций.

Для расчета полей концентраций примесей разработана оригинальная методика, отвечающая требованиям и рекомендациям нормативного документа ОНД-86. Но предлагаемая расчетная схема является развитием методики, приведенной в нормативном документе, поскольку позволяет учитывать вклад направлений ветра, влияния комплекса метеоусловий на рассеивание и производить расчет также по опасной скорости ветра для каждого источника выбросов.

Первым этапом работы было нанесение основных источников загрязнения на картографическую основу. Установлен факт неравномерного расположения промышленных предприятий по территории города и выделены 6 промышленных зон (рис.1). В узлах разбитой на сетку (шаг 750 м) территории города рассчитаны концентрации примесей от каждой из 166 сформированных групп источников загрязнения. Расчет проводился для металлов (Pb, Cr, Sr, Ni, Mn, V, Zn, Cu, Cd, Fe), преобладающих в выбросах стационарных источников загрязнения города.

Переход от максимальным к средним концентрациям примесей осуществлялся с помощью учета влияния метеопараметров на рассеивание примесей по данным метеостанций «Казань, университет», расположенной в центральной части города, в районе плотной застройки и «Казань, опорная», расположенной на окраине.

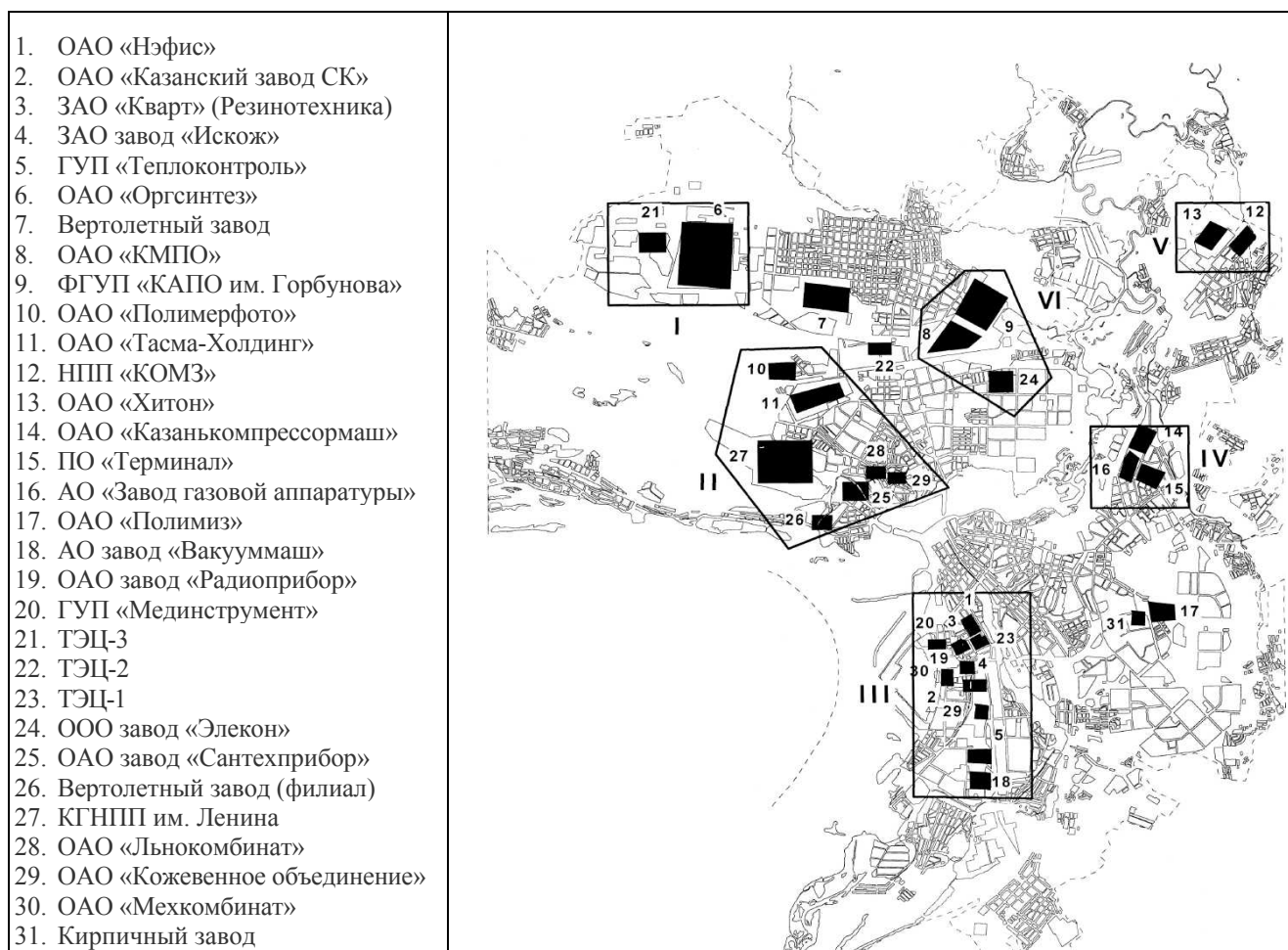


Рис. 1. Расположение предприятий и промзон на территории г. Казани

Для г. Казани наиболее характерны слабые ветры 2-3 м/с (повторяемость по годам исследования около 40%). Повторяемость более сильных ветров уменьшается по мере увеличения их скорости. При сравнения усредненных за 10 лет значений повторяемостей скоростей ветра обнаружены достоверные различия между метеостанциями для скоростей ветра 0-1 м/с ( $p=0,0052$ ), 2-3 м/с ( $p<0,005$ ), 6-7 м/с ( $p<0,005$ ), 10-11 м/с ( $p<0,005$ ), 12-13 м/с ( $p=0,006$ ).

Повторяемость туманов на станции «Казань, опорная» в среднем в 1,5 раза больше, чем на станции «Казань, университет». Как и следовало ожидать в центре города повторяемость скорости ветра  $> 6$  м/с в 3,6-7,4 раз меньше, чем на станции «Казань, опорная». Повторяемость осадков  $> 0,5$  мм на обеих станциях практически совпадает.

По данным метеорологических наблюдений, в среднем за год преобладают ветры южного направления (повторяемость 22%). Также отмечено преобладание (повторяемость 17%) юго-западного направления для станции «Казань, университет» и западного для станции «Казань, опорная». При сравнении усредненных за 10 лет значений повторяемостей направлений ветра обнаружены достоверные различия между метеостанциями для восточного ( $p<0,005$ ), юго-восточного ( $p=0,007$ ), юго-западного ( $p<0,005$ ) и северо-западного ( $p=0,021$ ) направлений.

Выявленные достоверные различия между значениями метеовеличин по данным двух метеостанций явились основанием дифференцированного учета

метеорологических параметров для источников загрязнения в зависимости от территориального расположения и типа застройки.

Учет влияния комплекса метеоусловий проводился на основании расчета коэффициента самоочищения атмосферы, представляющего собой отношения средних многолетних значений метеорологических параметров, способствующих накоплению примесей (повторяемости слабых ветров 0-1 м/с, туманов), к значениям метеорологических параметров, способствующим рассеиванию примесей (повторяемости ветра со скоростью  $> 6$  м/с, осадков  $> 0.5$  мм). Дополнительно учитывалась экспозиция повторяемости преобладающего направления ветра по восьмирумбовой шкале.

Поле концентраций металлов, нанесенное на картооснову территории г. Казани с изолиниями суммы концентраций в долях ПДК с шагом 1, представлено на рис. 2. Анализ геохимического поля загрязнения металлами приземного слоя атмосферы показывает, что существует значимое превышение концентраций металлов (2 ПДК) на большей части территории города. Выявлены местоположения зон повышенного загрязнения (5-9 ПДК), самая крупная из них находится в центральной части города, что соответствует теоретическим предположениям о действии острова тепла и преобладающего направления ветра. Окраины города по результатам расчетов считаются условно чистыми.

Но, поскольку детальное моделирование распространения примесей в пределах городской застройки требует колоссального объема исходной информации, невозможно учесть влияние всех действующих факторов при помощи одной единственной



Рис. 2. Интегральное поле загрязнения металлами приземного слоя атмосферы г.Казани

модели, то необходимо с известной долей осторожности трактовать результаты моделирования распространения примесей в атмосфере, и, естественно, в своих выводах не ограничиваться только ими.



Состав снега (концентратора атмосферных примесей) служит косвенным показателем загрязнения приземных слоев атмосферы, дает информацию о пространственном распределении химических элементов и интенсивности воздействия источников выбросов. Почва, находясь на пересечении всех путей миграции химических элементов, отражает суммарный эффект многолетнего воздействия. На техногенное воздействие почва реагирует повышением содержания химических элементов лишь при определенных уровнях их поступления в течение необходимого времени.

В г. Казани установлены отчетливо выделяющиеся геохимические аномалии снежного покрова по содержанию металлов (рис. 3.), приуроченных к промышленным предприятиям и нагруженным автомагистралям.

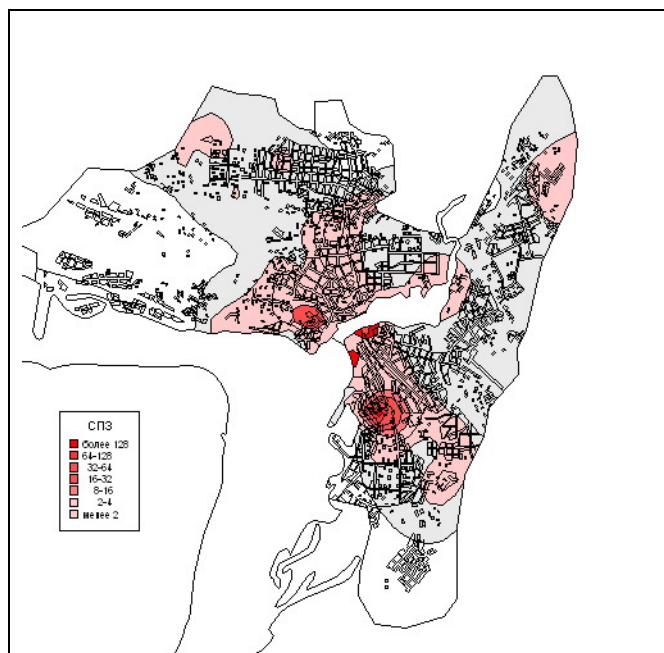


Рис. 3 Суммарный показатель загрязнения снежного покрова г. Казани металлами

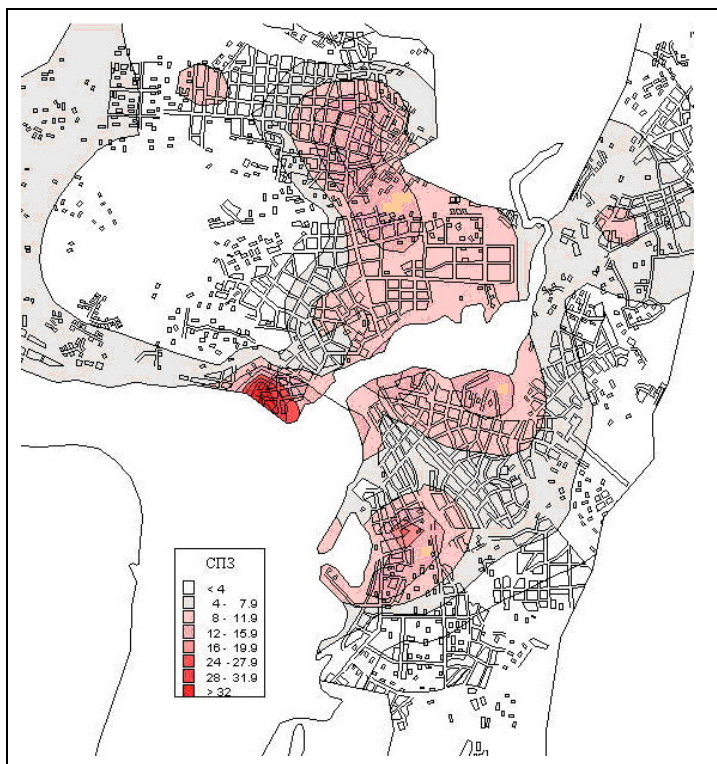


Рис. 4. Суммарный показатель загрязнения почв г. Казани металлами

Чрезвычайно опасная степень загрязнения снега ( $СПЗ > 128$ ) зафиксирована в центральной части города в зоне действия источников II и III промзон. Около 30% снежного покрова городской территории характеризуется опасной степенью загрязнения ( $СПЗ 32-128$ ). В то же время, в наиболее экологически благополучных районах (восточная и северо-западная части города)  $СПЗ$  не превышает 32, что считается умеренно-опасным.

Геохимическое поле металлов в почвенном покрове г. Казани отличается размытой структурой (рис.4.).

Наиболее интенсивно выраженная аномалия находится в зоне действия источников II промзоны ( $СПЗ > 32$ ). Другой обособленный ореол в южной части города отражает накопление металлов в почвах под воздействием выбросов предприятий III-ей промышленной зоны ( $СПЗ$  от 12-28). Вытянутая в северо-западном направле-



нии (воздействие источников выбросов VI промзоны) аномалия образует самый крупный по площади эллипсовидный очаг загрязнения протяженностью до 20 км и значениями СПЗ от 12 до 24.

К относительно чистым можно отнести западные и восточные районы города. Таким образом, на большей части территории г. Казани, категория загрязнение почвенного покрова металлами характеризуется как допустимая и умеренно-опасная. Выявлено местоположение аномалии, для которой уровень загрязнения почвы характеризуется как опасный.

Геохимические аномалии металлов в снеге и почвах носят стационарный характер. Их контуры в основных чертах совпадают, что позволяет говорить о генетической общности техногенных геохимических аномалий урбанизированных территорий г. Казани. Кумулятивный эффект аэротехногенного поступления металлов в почвах выражен пока не столь контрастно, как в снежном покрове города.

Наложение геохимических полей металлов в приземном слое атмосферного воздуха (расчетное, рис.2.) и снежном покрове (рис.3.) г. Казани однозначно указывает на техногенную природу четырех аномалий, высокая контрастность которых подтверждена опробованием снежного покрова в течение 3-х лет – это зоны влияния I, II, III и VI промышленных зон.

Очаги загрязнения в атмосфере от IV и V промзон не были выявлены расчетным путем, однако они абсолютно идентифицируются по геохимическим полям металлов в снежном покрове, т.е. натурные наблюдения дают более полную пространственную характеристику изменчивости содержания поллютантов в приземном слое воздуха.

Более того, зона повышенного загрязнения, полученная расчетным путем, вероятно сформированная под воздействием источников загрязнения III промзоны, острова тепла и преобладающего направления ветра, оказалась несколько смещенной на запад.

По причине длительности формирования аномалий, их не только аэрогенной природы, запаздывающей по времени реакции на изменения характера и степени антропогенного воздействия, содержание металлов в почвенном покрове не использовалось в качестве косвенной характеристики загрязнения динамично изменяющегося приземного слоя атмосферы металлами, хотя это рекомендуется в РД 52.04.186-89.

Наряду с вкладом стационарных источников загрязнения в уровень загрязнения атмосферного воздуха металлами, по масштабам распространения и интенсивности воздействия год от года растет вклад транспортной составляющей. Данные, полученные с помощью стационарных постов наблюдений за загрязнением атмосферы, не позволяют оценить поступление металлов за счет движения АТС. В этой связи целесообразно рассчитывать содержание металлов в приземном слое атмосферы, поступающих в результате движения АТС с корректировкой результатов по геохимическим особенностям содержания металлов в депонирующих средах (снежный покров).

Нами была выбрана методика расчета мощности эмиссии свинца на основании наибольшего учета факторов, определяющих приземные концентрации,

как то оседание свинца в системе выпуска отработавших газов, доля выбрасываемого свинца в виде твердых частиц в общем объеме выбросов, средний эксплуатационный расход топлива для соответствующей марки автомобиля, среднесуточная интенсивность движения автомобилей соответствующей марки, содержание добавки свинца в топливе в зависимости от типа АТС.

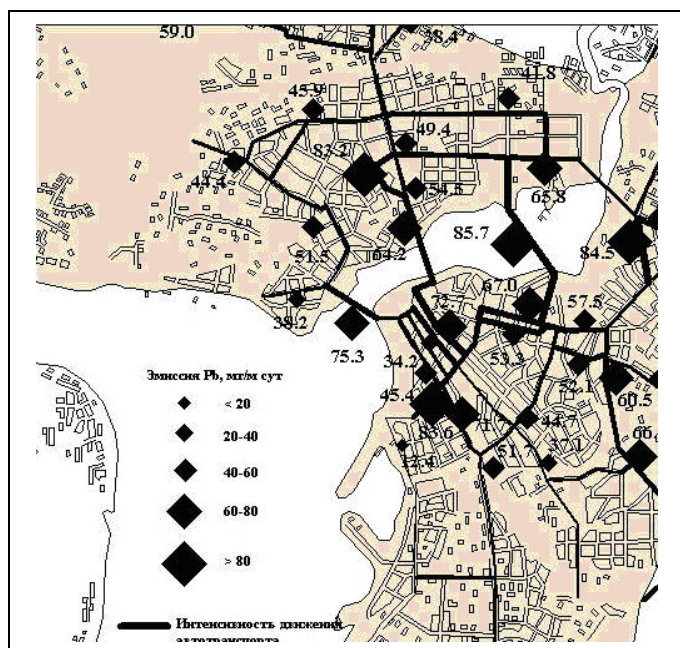


Рис. 5 Мощность эмиссии свинца, мг/м в сутки.

магистрали и условно чистые автомагистрали - в так называемых спальных районах. Отбор проб снега в снежном покрове придорожных полос обнаружило избыточные концентрации металлов, превосходящие среднестатистические содержания общих форм для Pb в 2,2-7,6 раза; для Cd в 3-21 раз, для Cu в 0,9-4 раза; для Zn в 1,5-21 раз.

Для проверки адекватности расчетов сопоставлялись карты-схемы мощности эмиссии свинца и интенсивность среднегодового поступления свинца и его соединений в  $\text{мг/м}^2$  в год в снежный покров (рис. 5 и 6). Сопоставление карт-схем, показало хорошую сходимость на отдельных участках территории города. Однако, ряд автомагистралей, находящихся в зонах повышенного загрязнения снежного покрова, относятся по результатам расчетов ко второй выделенной градации по эмиссии свинца (60-80 мг/м в сутки). Отклонения результатов расчетных и натурных наблюдений вероятно связаны с вкладом стационарных источников в загрязнение снежного покрова

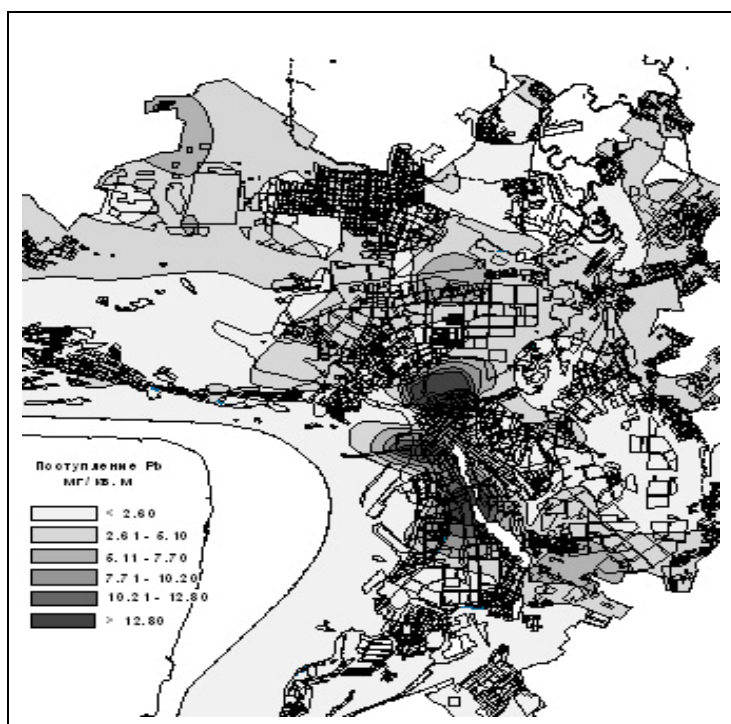


Рис.6. Среднегодовое поступление свинца,  $\text{мг/м}^2$  в снежный покров г. Казани.

свинцом, что ограничивает использование результатов исследования проб снежного покрова для характеристики поступления свинца с выбросами автотранспорта.

Избежать указанных недостатков представляется возможным при помощи новых современных средств расчета, анализа и прогнозирования - нейронных сетей. В ходе обучения нейронной сети автоматически учитываются как явные, так и скрытые зависимости между всеми действующими (в том числе и неучтенными) факторами. В результате исследования была сформирована и обучена сеть типа «двухслойный персептрон» с семью входами. Максимальная разница между расчетными величинами концентрации металлов (Pb, Cd, Cu, Zn), полученными на основе определяемой интенсивности автотранспортного потока по автомагистралям города с использованием нейросети и экспериментально измеренными величинами концентрации металлов (пробы отобраны в зонах действия исследуемых автомагистралей) составила 0.0007 мг/л или 0,3 %.

Для целей эколого-геохимического зонирования территория г. Казани была поделена на зоны исследования по зонам обслуживания поликлиник и поликлинических отделений детских больниц (рис.7).

Зоны исследования № 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17 обеспечиваются преимущественно поверхностными водами Волжского водозабора, а зоны № 6, 8, 10, 13, 20 – преимущественно подземными артезианскими источниками. Для оценки качества питьевых вод на территории



Рис.7. Расположение зон исследования на территории города

г. Казани сопоставлялось содержание металлов в пробах воды отобранных на водозаборах и в конечных точках потребления, в домах и квартирах. Состав питьевых вод, приготавливаемых на водозаборах г. Казани имеет основное различие в содержании железа (преобладает в водах поверхностных источников водоснабжения) и стронция (преобладает в водах подземных источников водоснабжения). Сравнение содержания металлов в пробах питьевой воды, отобранных на водозаборах и в конечной точке потребления, показало значительное увеличение содержания железа для вод Дербышкинского и Азинского водозаборов в среднем в 2,7 и 1,5 раза соответственно, а в водах Волжского водозабора концентраций цинка и свинца увеличиваются в 8,3 и 7,1 раз соответственно.

Статистический анализ полученных результатов показал различие между зонами исследования в зависимости от источника питьевого водоснабжения.

При анализе корреляционной матрицы взаимосвязей концентраций элементов в воде отмечается слабая, но достоверная прямая корреляционная взаимосвязь между содержаниями стронция, свинца и хрома (Sr-Pb,  $r=0.31$ ; Sr-Cr,  $r=0.24$ ;  $p<0,001$ ), что отражает сопряженность поступления и распределения этих металлов в водопроводной воде. Вместе с этим отмечена также обратная корреляционная связь между содержанием стронция и железа ( $r=-0.4$ ,  $p<0.001$ ).

Эти корреляции являются математическим выражением различия между поверхностными и подземными артезианскими водами. К зонам исследования была осуществлена привязка данных по содержанию металлов в снежном и почвенном покровах, питьевой воде, отобранной в конечной точке потребления, содержанию металлов в биосредах детей (кровь, моча, волосы). Результаты анализа содержания металлов в среде и биосредах по зонам исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Диапазоны содержания металлов в среде и биосредах по зонам исследования

Элемент	Диапазон	Среда											
		Снег		Почва		Питьевая вода		Кровь		Моча		Волосы	
		содержание, мг/л	№ Зон	содержание, мг/кг	№ Зон	содержание, мг/л	№ Зон	содержание, мкг/мл	№ Зон	содержание, мкг/мл	№ Зон	содержание, мкг/г	№ Зон
Cd	min	0,001	10,20	0,12	20	-		-		-		0,04	12
	max	0,02	4	1,18	4							1,58	17
Cu	min	0,02	12	4,88	13	0,001	14	0,58	14	0,024	8	7,3	20
	max	0,2	17	32,2	5	0,005	7	1,27	20	0,1	17	13,9	15
Cr	min	0,004	20	1,29	14	$7 \cdot 10^{-4}$	3,14	0,05	5,14	0,016	2,11	0,2	17
	max	0,03	6	15	15	0,005	15	0,08	3,15, 17	0,032	4	1,6	4
Ni	min	0,01	7	2,8	13	-		-		-		0,2	16
	max	0,2	11	21,3	17							4,4	15
Zn	min	0,04	12	24,8	13	0,015	3,14	0,69	8	0,27	15	112,3	12
	max	0,57	15-17	144,6	14	0,035	2,11	0,81	2,16	0,06	20	167,1	16
Mn	min	0,01	10	197,8	3	-		-		-		0,6	10
	max	0,18	15	758,2	14							5,6	17
Fe	min	0,16	10	-		0,06	13	0,7	3	0,05	3	16,4	13
	max	1,15	11			0,11	5	2,3	9,11	0,33	8	35,6	15
Pb	min	0,008	8	12,3	20	0,01	5	0,05	5	0,03	3,10, 17	1,4	9
	max	0,07	11	36,4	2, 15	0,02	9,14, 15,17	0,08	9	0,05	11,15	9,5	2
Co	min	0,02	10	3,0	13	-		-		-		-	
	max	0,07	3	9,4	15								
Sr	min	-		-		0,1	10	0,09	10, 17	0,13	12	4,9	7
	max					0,7	13	0,24	13	0,23	3,20	22,3	13

Выбор металлов для проведения мониторинга содержания определялся целями исследования (эколого-геохимическое зонирование – расширенный

перечень, исследование влияния содержания металлов в организме от содержания во внешней среде – узкий перечень).

Нелинейный характер зависимости содержаний металлов в системе «среда-биосреды» вероятно связан с взаимным влиянием металлов при их совместном поступлении (повышенное всасывание или усиленная элиминация из организма).

Таким образом, определение содержания металлов в биосредах детей позволяет установить интегральный эффект их поступления. Для исследуемых в различных компонентах природной среды и биосредах детей металлов на основании проведенного анализа распределения переменных, визуально, с помощью гистограмм определялась нормальность эмпирического распределения. Особенности распределения металлов в средах по зонам исследования также изучались с помощью разработанных диаграмм и моноэлементных карт-схем. Установлено неравномерное распределение содержания Zn, Cu, Mn в снежном покрове, Pb, Cd, Mn - в почвенном покрове, Fe, Sr - в потребляемой питьевой воде. Для биосред детей отмечена в наибольшей степени изменчивость содержания металлов в волосах детей в зависимости от места проживания. Таким образом, определены металлы - индикаторы (маркеры) напряженности территории по уровням загрязнения исследуемых сред, проведено эколого-геохимическое зонирование территории г. Казани. Завершающим этапом явилось выделение зон риска. Проведенный расчет вероятностного риска позволил определить вероятность превышения по зонам исследования содержания металлов над фоновым, выделить зоны по совокупности вероятностных рисков: для Sr – зоны 13 и 20; для Pb - зоны 2, 11, 12; для Cd - зоны 4 и 14; для Cu - зоны 5, 11, 15, 17; для Cr – зона 6; для Ni – зона 17; для Mn - зона 15; для Co – зона 3; для Zn – зоны 15, 16, 17 и таким образом обобщить результаты эколого-геохимического зонирования территории.

Для выделения причинно-значимых факторов среды, в наибольшей степени влияющих на содержание металлов в биосредах, целесообразно использовать различные подходы к обработке данных с целью повышения адекватности выводов. Нами были использованы дополняющие друг друга факторный и кластерный анализы для выделения металлов, вносящих наибольший вклад в изменчивость всей выборки и имеющих отличное от других распределение значений. Сравнение результатов, полученных в ходе факторного и кластерного анализа, позволило выделить металлы: стронций и железо в питьевой воде, цинк и медь в снежном покрове, марганец и свинец в почвенном покрове.

С помощью выделенных причинно-значимых факторов можно оценить связь между содержанием металлов в среде и в биосредах, а также определить степень негативного воздействия поступления металлов в городскую среду с помощью методов математического моделирования. В рамках исследования разработаны модели линейной регрессии:

$$\text{Sr волос} = 3.20 + 35.16 * \text{Sr воды}$$

( $R=0.75$ ; критерий Фишера  $F=107.5$ ; процент «объясняемой дисперсии» 55,6% при уровне значимости  $p=0.00001$ ).

$$\text{Fe волос} = 19.82 + 62.33 * \text{Fe воды}$$



( $R=0.28$ ; критерий Фишера  $F=7.15$ ; процент «объясняемой дисперсии» 18,3% при уровне значимости  $p=0.032$ ).

Невысокий коэффициент регрессии вероятно связан с наложением изменчивости содержания железа в анализируемых пробах в зависимости от состояния водоводов и разводящих сетей, которое в рамках представленной работы не исследовалось.

$$\text{Cu волос} = 99.18 \cdot \text{Cu снега} + 7.01$$

( $R=0.84$ , критерий Фишера  $F=70$ ,  $p=0.0001$ , процент охвата 70.8%).

$$\text{Cd волос} = 1.29 \cdot \text{Cd почвы} - 0.06$$

( $R=0.70$ , критерий Фишера  $F=37.4$ ,  $p=0.000027$ , процент охвата 72.2%).

$$\text{Mn волос} = 0.014 \cdot \text{Mn почвы} - 2.53$$

( $R=0.81$ , критерий Фишера  $F=59.3$ ,  $p=0.002$ , процент охвата 67.2%)

Поскольку зависимость содержания металлов в биосредах детей от содержания в среде в ряде случаев носит не линейный характер, использована полиномиальная модель подбора функций распределения.

$$\text{Pb волос} = 0,75 \cdot \text{Pb почвы} - 0,008 \cdot \text{Pb почвы}^2 - 4,45$$

$$\text{Zn волос} = 92,51 + 449,59 \cdot \text{Zn снега} - 427,85 \cdot \text{Zn снега}^2$$

Разработанные модели полиномиальной подгонки и линейной регрессии позволили рассчитать содержание металлов в волосах детей, отражающее степень накопления в организме в зависимости от содержания в исследуемых компонентах окружающей среды. Разработанные модели можно использовать с целью прогноза изменчивости содержания металлов в организме в зависимости от уровней их содержания в среде.

Полученные модели позволили разработать принципиально новый подход к определению пороговых содержаний металлов в среде - на основе региональных нормативов содержания в волосах в мкг/г (Sr – 14, Fe – 55, Cu -25, Pb -10, Mn-8, Zn-200, Cd - 1,4) .

Рассчитаны пороговые содержания металлов, выделенных как причинно-значимые факторы, в исследуемых средах, превышение которых приведет к накоплению в биосредах детей и свидетельствует о степени негативного влияния антропогенного поступления металлов на территорию города. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнение разработанных пороговых и действующих нормативов содержания металлов в различных средах**

Металл (среда)	Величина пороговой концентрации в среде	% выборки, превышающий пороговые содержания
Sr (питьевая вода)	0,3 мг/л	8,8%
Fe (питьевая вода)	0,6 мг/л	-
Cd (почва)	1,1 мг/кг	8,7%
Pb (почва)	27,5 мг/кг	25%
Mn (почва)	752 мг/кг	4,6%
Zn (снежный покров)	0,4 мг/л	16,8%
Cu (снежный покров)	0,2 мг/л	6,2%

Для оценки качества снежного покрова не разработаны нормативы ПДК, поскольку снег не является средой обитания живых организмов. Для сравнения использовались, как это принято, ПДК металлов, разработанные для поверхностных вод. Полученные пороговые концентрации являются более жесткими, чем нормативы ПДК для металлов: Sr в питьевой воде – в 23 раза, Zn в снежном покрове – в 2,5 раза, Cd в почве - в 2 раза, Pb в почве - на 20% . Для содержания Mn в почвенном покрове величина ПДК отличается незначительно (в пределах 10%). Менее жесткие в сравнении с ПДК значения найдены для Fe в питьевой воде (до 1,9 раз) и Cu в снежном покрове (до 1,8 раз).

Выявленное у исследуемых групп детей накопление металлов в биосредах (волосы) явилось основанием разработки методов для минимизации негативного воздействия металлов на организм. Методы могут состоять как в предотвращении дальнейшего поступления избыточных количеств металлов (очистка и доочистка питьевой воды), так и в уменьшении содержания уже накопленных металлов в организме (использование энтеросорбентов/БАД).

Установлено, что распределение металлов в пробах питьевой воды даже относящихся к одному и тому же водозабору неравномерно, что является следствием вторичного загрязнения питьевых вод в результате прохождения по водоводам и разводящим сетям. Следовательно, дифференцированная доочистка потребляемой питьевой воды должна проводиться в конечной точке потребления, в домах и квартирах, с учетом доминирующего водного пути поступления металлов в организм.

В этой связи целесообразно протестировать все представленные на рынке типы фильтров и исследовать наиболее распространенные в модели для оценки эффективности очистки от солей металлов.

Результаты проведенного исследования (концентрация элементов в воде до и после очистки в мг/л, жесткость в мг-экв/л) представлены в табл. 3,4. На основе результатов анализа проб воды разработаны рекомендации по ее доочистке в зависимости от источника водоснабжения и характера вторичного загрязнения.

Установлена эффективность протестированных мембранных ("ЕСО MASTER", "Instapure", "Omni total plus", средняя эффективность 89%, достигает 99% по железу, снижение жесткости достигает 68%), ионообменных ("Родник-3М", "Росинка", «Водолей», средняя эффективность 71%, максимальная эффективность – 95% по стронцию, снижение жесткости достигает 34%) и сорбционных систем очистки («Барьер», «Brita» средняя эффективность – 67%, максимальная – 92% по стронцию, однако в условиях повышенной жесткости эффективность сорбции значительно падает, снижается также и фильтрация солей жесткости до 8%).

Для доочистки питьевой воды Волжского водозабора пригодны все типы протестированных фильтров, а в условиях повышенной жесткости воды подземных источников водоснабжения эффективность многих систем снижается. Наиболее эффективны в этих условиях мембранные фильтры, а оптимальными (по соотношению качество/цена) являются ионообменные фильтры, обеспечивающие необходимую и достаточную степень доочистки питьевой водопроводной воды от солей жесткости и металлов.

Таблица 3

**Эффективность различных фильтров для доочистки воды  
от поверхностного источника водоснабжения**

Система очистки/ концентрация ионов металлов (мг/л)		Zn	Pb	Cr	Sr	Fe	Жесткость (мг-экв/л)
Родник-3М	До	0.02	0.01	0.004	0.12	0.11	2.8
	После	0.016	0.008	0.001	0.04	0.07	2.3
	Эффективность	30%	33%	71%	64%	39%	18%
Росинка	До	0.02	0.02	0.004	0.19	0.11	3.0
	После	0.009	0.006	0.001	0.02	0.04	2.1
	Эффективность	63%	60%	68%	91%	63%	30%
Водолей	До	0.03	0.02	0.005	0.21	0.09	2.8
	После	0.006	0.006	0.001	0.01	0.016	2.5
	Эффективность	79%	71%	71%	95%	82%	11%
ECO MASTER	До	0.02	0.01	0.007	0.13	0.11	3.3
	После	0.001	*	0.001	0.02	0.01	2.1
	Эффективность	95%	>98%	82%	86%	87%	36%
Instapure	До	0.02	0.01	0.004	0.12	0.11	2.8
	После	0.003	0.005	*	0.01	0.01	2.5
	Эффективность	88%	58%	>93%	91%	91%	11%
Brita	До	0.02	0.01	0.005	0.16	0.09	3.0
	После	0.009	0.005	0.0015	0.01	0.04	2.8
	Эффективность	59%	58%	71%	92%	57%	17%
HIMBUS	До	0.02	0.016	0.004	0.12	0.11	3.0
	После	0.001	*	*	0.006	*	2.0
	Эффективность	95%	>98%	>91%	95%	>99%	33%
Omni total plus	До	0.02	0.015	0.004	0.11	0.09	3.3
	После	0.005	0.004	0.0006	0.011	0.02	2.5
	Эффективность	78%	73%	86%	90%	76%	24%

Примечание: \* - концентрация < 0.0003 мг/л.



Таблица 4

**Эффективность различных фильтров для доочистки воды  
от подземных источников водоснабжения**

Система очистки/ концентрация ионов металлов (мг/л)		Zn	Pb	Cr	Sr	Fe	Жесткость (мг-экв/л)
Родник-3М	До	0.02	0.015	0.004	0.29	0.06	7.3
	После	0.015	0.009	0.001	0.08	0.04	5.8
	Эффективность	25%	40%	62%	72%	27%	21%
Росинка	До	0.02	0.02	0.003	0.29	0.1	7.5
	После	0.009	0.007	0.001	0.04	0.04	5.2
	Эффективность	50%	58%	63%	87%	62%	31%
Водолей	До	0.017	0.02	0.004	0.21	0.07	7.3
	После	0.003	0.006	0.001	0.01	0.01	4.4
	Эффективность	83%	70%	66%	94%	84%	34%
ECO MASTER	До	0.02	0.02	0.004	0.23	0.06	7.5
	После	0.002	*	0.001	0.03	0.01	2.9
	Эффективность	89%	>98%	71%	88%	84%	61%
Instapure	До	0.02	0.02	0.003	0.24	0.07	7.2
	После	0.003	0.005	0.001	0.023	0.005	5.5
	Эффективность	86%	74%	69%	91%	93%	24%
Brita	До	0.017	0.018	0.003	0.3	0.07	7.3
	После	0.008	0.009	0.001	0.04	0.03	6.8
	Эффективность	53%	50%	64%	88%	58%	8%
HIMBUS	До	0.017	0.019	0.04	0.22	0.07	7.5
	После	0.001	0.006	*	0.01	*	2.5
	Эффективность	94%	69%	>91%	95%	>99%	68%
Omni total plus	До	0.02	0.017	0.003	0.27	0.06	7.5
	После	0.004	0.006	0.0008	0.03	0.01	3.3
	Эффективность	80%	65%	77%	89%	81%	56%

Примечание: \* - концентрация < 0.0003 мг/л.

Для выведения накопленных металлов и устранения дисбаланса металлов в организме исследовались биосреды (сыворотка крови, моча) у 162 детей на содержание цинка, меди, железа, хрома, стронция, свинца. Полученные значения сравнивались с региональными нормативами содержания металлов в крови и моче. Отмечены повышенные уровни содержания в сыворотке крови хрома (до 2,7 раза), стронция (до 1,4 раз), свинца (до 1,3 раз) на фоне недостатка цинка (до 1,2 раз). Содержание меди у исследуемых детей входит в диапазон значений региональных нормативов содержания.

В моче также отмечено превышение содержания хрома (до 2 раз), стронция (до 2,5 раз), свинца (до 1,4 раз) на фоне повышенного содержания цинка (до 1,7 раз) и меди (до 2,2 раз) по сравнению с региональными нормативами содержания. Как известно, повышенное содержание металлов в моче нарушает функции почек.

Одним из наиболее эффективных методов для выведения металлов из организма является метод энтеросорбции. В этой связи необходимо было протестировать представленные на потребительском рынке энтеросорбенты для оценки их сорбционной емкости в отношении металлов (табл.5).

Как представлено в табл. 5, лучшая сорбционная способность была выявлена у «Полифепана», энтеросорбенты «Литовит-М» и «Феокарпин» имели меньшую силу поглощения. Сравнительная сорбционная эффективность энтеросорбентов представлена следующим образом:

для Pb - «Полифепан» > «Литовит-М» > «Феокарпин»;  
 для Sr и Cr - «Полифепан» > «Феокарпин» > «Литовит-М».

Таблица 5

**Поглотительная (сорбционная) способность энтеросорбентов**

Тип иона	Концентрация исходного раствора (мкг/мл)	Концентрация ионов в фильтрате (мкг/мл)		
		«Полифепана»	«Литовита»	«Феокарпина»
Pb <sup>2+</sup>	0,2	0,03	0,08	0,11
Sr <sup>2+</sup>	0,4	0,13	0,31	0,32
Cr <sup>3+</sup>	0,1	0,06	0,07	0,07
Zn <sup>2+</sup>	2,2	0,71	1,65	2,0
Cu <sup>2+</sup>	1,0	0,87	0,98	1,23

Однако, «Полифепан», являясь неселективным энтеросорбентом, в такой же степени сорбирует все металлы, независимо от того, находятся ли они в организме в избытке (в нашем исследовании – Pb,Cr,Sr) или отмечен их дефицит (Zn). Менее выраженная сорбция дефицитного цинка отмечена при применении «Литовита-М». Использование «Феокарпина», напротив, показало тенденцию к восстановлению его дефицита.

Таким образом, полученные результаты сравнительной оценки эффективности использования различных сорбентов показали необходимость дальнейшего определения их сорбционных возможностей на основании исследования биосред детей до и после применения энтеросорбентов. Кроме того, для нормализации содержания металлов в организме могут применяться не только энтеросорбенты, но и БАДы, активизирующие процессы биотрансформации металлов в нетоксичные соединения с их последующим выведением.

Для этих целей применялись «Полифепан» – для 26 детей, «Литовит-М» – для 43 детей, «Феокарпин» – для 30 детей. БАД «Неоселен», активизирующая процессы выведения металлов из организма, применялась для 22 детей и совместное применение «Полифепана+Неоселена» использовалось для 12 детей. Для 29 детей (контрольная группа) энтеросорбенты и БАД не применялись, они проходили обычное санаторно-курортное оздоровление (диетическое питание, режим дня, гимнастика, массаж, физиотерапия, прогулки на свежем воздухе).

Использование энтеросорбентов/БАД изменяло содержание металлов, практически во всех группах детей отмечалось снижение концентрации металлов находящихся в избытке в сыворотке крови (Pb, Cr, Sr). По степени снижения уровня Pb в сыворотке крови построен ряд: «Полифепан» (на 35%,  $p<0,001$ ) > «Феокарпин» (на 28%,  $p<0,001$ ) > «Литовит» (на 27%,  $p<0,001$ ) > «Неоселен» (на 14% , $p<0,05$ ). При применении комбинации «Полифепан + Неоселен» не отмечено изменений содержания Pb в сыворотке крови.

Все используемые в исследованиях энтеросорбенты/БАД показали достаточную эффективность в уменьшении высокой концентрации Cr в сыворотке крови у детей - более, чем на 1/3. Построен ряд по степени снижения Cr в сыворотке крови при использовании энтеросорбентов/БАД: «Полифепан + Неоселен» (на 40%,  $p<0,01$ ) > «Неоселен» (на 33%,  $p<0,01$ ) > «Феокарпин» (на 27%,  $p<0,05$ ) > «Полифепан» (на 25%,  $p<0,05$ ) > «Литовит» (на 17 %,  $p<0,05$ )

По степени снижения уровня Sr в сыворотке крови построен ряд: «Литовит» (на 39 % ,  $p<0,001$ ) > «Неоселен» (на 29 % ,  $p<0,01$ ) > «Полифепан + Неоселен» (на 22 % ,  $p<0,05$ ) > «Полифепан» (на 21 % ,  $p<0,01$ ) .

При использовании «Феокарпина» снижение концентрации Sr в сыворотке крови было не столь существенным и не достоверным (на 6%,  $p>0,05$ ).

Использование «Литовита-М» и «Неоселена» способствовало повышению содержания дефицитного Zn в крови на 31 % ( $p<0,001$ ) и 10% ( $p<0,01$ ) соответственно. На фоне остальных энтеросорбентов/БАД сохранялся его дефицит. Использование «Феокарпина», «Полифепана» и «Полифепан + Неоселен» не оказывало влияния на содержание Zn в сыворотке крови, его уровень сохранялся относительно постоянным как до, так и после ( $p>0,05$ ). Колебание уровня Cu в сыворотке крови у детей при использовании различных энтеросорбентов/БАД было не существенным ( $p>0,05$ ).

При использовании энтеросорбентов/БАД отмечено изменение содержания в моче Zn, Cu и Sr, а содержание Pb и Cr оставалось неизменным по сравнению с исходным уровнем ( $p>0,05$ ). Достоверное снижение содержания Zn было в группах детей, применявших «Полифепан» (на 38 % ,  $p<0,05$ ), «Литовит-М» (на 37 % ,  $p<0,05$ ) и «Феокарпин» (на 26%,  $p<0,05$ ). Использование «Полифепана + Неоселен» и «Неоселен», напротив, увеличивало содержание Zn в моче. Это связано со свойством «Неоселена» способствовать биотрансформации металлов в водорастворимые метаболиты, усиленно выводимых почками с мочой.

Независимо от используемых энтеросорбентов, у детей отмечено значительное снижение концентрации Cu в моче по сравнению с уровнем до применения энтеросорбентов/БАД, построен ряд: «Литовит» (на 66 % ,  $p<0,001$ ) > «Неоселен» (на 32 % ,  $p<0,01$ ) > «Феокарпин» (на 30%,  $p<0,05$ ) > «Полифепан» (на 25 % ,  $p<0,01$ ) > «Полифепан + Неоселен» (на 23 % ,  $p<0,05$ ). Достоверное уменьшение содержания Sr отмечено при использовании «Полифепана» (на 37%,  $p<0,001$ ).

Для детей контрольной группы, получавшей традиционное санаторно-курортное оздоровление, понижение избыточного содержания металлов в био-

средах отмечено в наименьшей степени, как и сохранение дисбаланса металлов в организме.

Таким образом, использование энтеросорбентов /БАД у детей с избыточным содержанием металлов и нарушениями баланса металлов в организме позволило установить положительное действие на содержание металлов в биологических средах организма. Исследование возможностей энтеросорбентов/БАД для выведения избыточного содержания металлов из организма и нормализации баланса металлов позволяет оптимально подбирать типы энтеросорбентов/БАД с учетом индивидуальных особенностей содержания металлов в организме.

Таким образом, результаты, полученные в ходе экологического мониторинга, позволили разработать мероприятия по уменьшению негативного воздействия металлов на население на территории г. Казани с целью обеспечения экологической безопасности условий проживания.

Использование рекомендаций по уменьшению негативного действия металлов на организм в условиях их избыточного поступления и накопления позволяют для любого жителя города с учетом индивидуальных особенностей содержания металлов в биосредах и степени вторичного загрязнения питьевых вод металлами подобрать средства для минимизации воздействия металлов на организм.

С целью улучшения качества питьевой воды, приготавливаемой на наиболее крупном источнике питьевого водоснабжения г. Казани – Волжском водозаборе, исследовались способы оптимизации реализуемого коагуляционного метода водоочистки. Разработаны рекомендации по увеличению эффективности коагуляции, установлено, что использование коагулянта  $\text{FeCl}_3$  более перспективно, чем применяющегося  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , поскольку коагуляция

в этом случае идет с достаточно высокой скоростью (через 30-40 минут достигается достаточная степень осветления воды). С коагулянтом  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  процесс идет медленнее и аналогичная степень осветления достигается через 1.5 часа (рис.8). Кроме того, при использовании  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  концентрация оста-

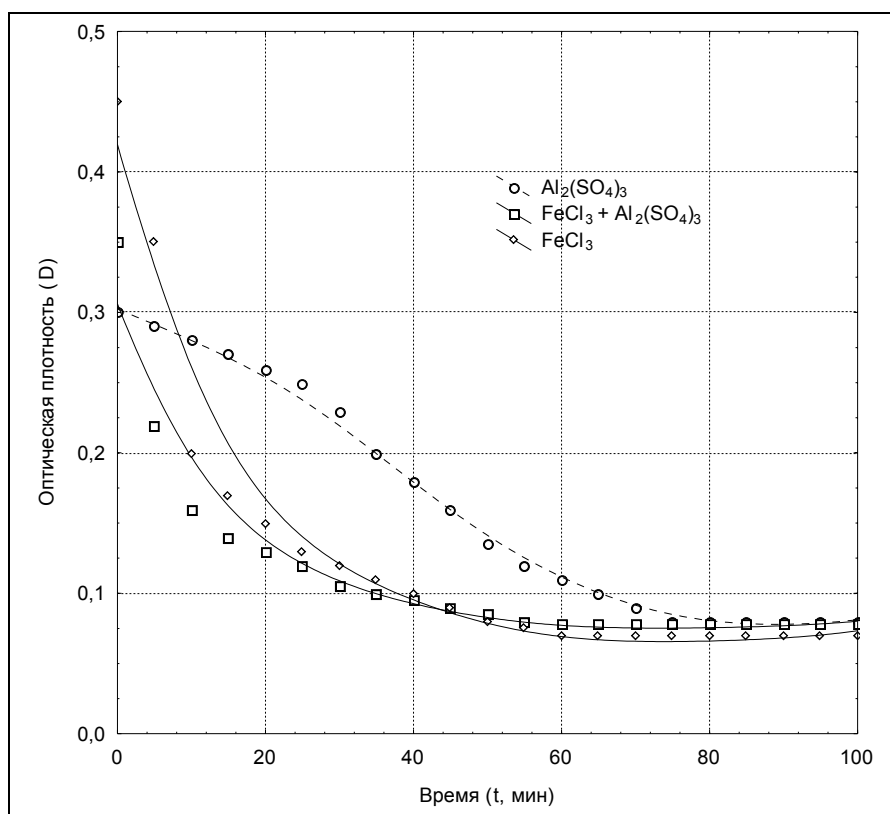


Рис. 8 График зависимости оптической плотности от времени при коагуляции воды различными коагулянтами

точного алюминия увеличивается в 3,5 раза по сравнению с исходным содержанием в природной воде. Использование смешанного коагулянта  $\text{FeCl}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (1:1) имеет ограничения, поскольку величина перманганатной окисляемости после его использования превышает ПДК в 1,3 раза.

Применение коагулянта  $\text{FeCl}_3$  позволяет достичь достаточную степень осветления воды при высокой скорости коагуляции без применения флокулянта. На основании анализа коагуляционных кривых в зависимости от концентрации была подобрана оптимальная концентрация коагулянта, которая составила  $3 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

В качестве альтернативы была исследована возможность ускорения и увеличения эффективности процесса коагуляции  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  безреагентным методом – омагничиванием природной воды постоянным и переменным полем. Установлено, что омагничивание природной воды в течение 15 мин. в постоянном магнитном поле (достигается уже при напряженности поля 30 кА/м) позволяет сократить время коагуляции до 30-40 мин., с сохранением эффекта в течение 3 часов. При этом все исследуемые показатели (перманганатная окисляемость, жесткость, щелочность,  $\text{C}_{\text{Fe}^{2+}}$ ,  $\text{C}_{\text{Al}^{2+}}$ ) находятся на уровне ПДК.

Использование переменного магнитного поля не позволяет достичь нормативного качества воды по величине перманганатной окисляемости, которая находится на уровне 1.5-1.7 ПДК и приводит увеличению содержания остаточного алюминия до 3,8 раз по сравнению с исходным содержанием в воде до очистки.

## ВЫВОДЫ

1. На основе многолетних мониторинговых исследований содержания металлов в компонентах окружающей среды и биосредах детей с учетом достоверности изменчивости их содержания проведено эколого-геохимическое зонирование территории города, выявлены зоны повышенного загрязнения по каждому металлу, установлены металлы – индикаторы напряженности экологической ситуации на территории города Казани: для снежного покрова - Zn, Cu, Mn; для почвенного покрова - Pb, Cd, Mn; для потребляемой питьевой воды - Fe, Sr; для биосред детей (кровь, моча, волосы) - Zn, Cr, Fe, Sr, Cu, Pb в пробах волос.

2. Расчет вероятностного риска полиметаллического загрязнения территории г. Казани позволил установить вероятность превышения содержания исследуемых металлов над фоновыми значениями и выделить соответствующие городские зоны риска по каждому элементу.

3. Сопоставление экспериментальных данных с применением методов математической статистики (факторный и кластерный анализ) позволило выделить металлы, являющиеся причинно-значимыми факторами среды, влияющими на содержание металлов в биосредах обследуемых групп детей: Sr и Fe в питьевой воде, Cu и Zn в снежном покрове, Pb и Mn в почвенном покрове урбанизированных территорий. Получены модели полиномиальной подгонки и линейной регрессии, проведена оценка воздействия металлов на организм детей (накопление в волосах) в условиях города. Разработанные математические мо-

дели позволяют прогнозировать изменчивость содержания металлов во внутренней среде организма в зависимости от их содержания во внешней среде.

4. С использованием разработанных математических моделей и верхних границ региональных нормативов содержания металлов в пробах волос обследуемых групп детей установлены пороговые величины содержания металлов в компонентах окружающей среды, причем максимальные значения найденных диапазонов для ряда металлов ниже, чем санитарно-гигиенические ПДК: до 23 раз для Sr в питьевой воде, до 2,5 раз для Zn в снежном покрове, до 2 раз для Cd в почве, до 20% для Pb в почве. Менее жесткие в сравнении с ПДК значения найдены для Fe в питьевой воде (до 1,9 раз) и Cu в снежном покрове (до 1,8 раз).

5. Совпадение геохимических аномалий в снежном и почвенном покровах и их соответствие территориальному расположению промышленных зон и нагруженных автомагистралей подтверждает атмосферное происхождение геохимических полей полиметаллического загрязнения на территории г. Казани. Данные об отсутствии повышенного загрязнения атмосферного воздуха, полученные расчетным путем, в ряде случаев не согласуются с идентифицированными по геохимическим полям металлов очагами загрязнения в снежном покрове, что доказывает необходимость корректировки результатов расчетов рассеивания по данным снеговой съемки.

6. В снежном покрове 40 центральных и радиальных автомагистралей г. Казани обнаружены избыточные концентрации Pb, Cd, Cu и Zn, превышающие среднестатистическое содержание общих форм металлов в 1,5-21 раз. Наиболее перспективным для оценки и прогноза поступления металлов в приземный слой атмосферы за счет автотранспорта является использование моделей на основе нейронных сетей (максимальная разница между расчетными и экспериментальными значениями не превышает 0,3%).

7. Количественно оценен уровень вторичного загрязнения питьевых вод металлами после прохождения их по разводящей сети (в 1,5-8 раз по ряду металлов, накапливающихся в биосредах), что требует ее доочистки.

8. Для целей доочистки потребляемой питьевой воды от металлов проведен сравнительный анализ эффективности напорных (сорбционных) ионообменных и комбинированных (сорбционных и ионообменных), мембранных бытовых фильтров. Показано, что ионообменные и комбинированные фильтры очищают воду от соединений Pb, Zn, Fe и Cr (48-80%), почти не уступая мембранным фильтрам (58-96%). Наливные угольные сорбционные фильтры значительно уступают мембранным системам очистки, они неудовлетворительно функционируют в условиях повышенной жесткости воды, но эффективно сорбируют Pb (до 71%) и Fe (до 84%). Для доочистки питьевых вод поверхностного источника водоснабжения (Волжский водозабор) от исследуемых металлов пригодны все типы фильтров, а для доочистки питьевых вод подземного источника водоснабжения (Дербышкинский и Азинский водозаборы) эффективны только мембранные и ионообменные фильтры.

9. Выявлено накопление металлов в крови и моче обследуемых групп детей: Cr, Sr и Pb (от 1,3 до 2,5 раз), а также недостаток Zn в крови на фоне по-

вышенной элиминации с мочой по сравнению с региональными нормативами содержания в биосредах детей. По величине сорбционной емкости изученных энтеросорбентов (модельные эксперименты) можно составить следующие ряды:

для Pb - «Полифепан» > «Литовит-М» > «Феокарпин»;  
для Sr и Cr - «Полифепан» > «Феокарпин» > «Литовит-М».

10. При использовании «Полифепана» происходит значительное снижение концентрации Cu и Zn, что ограничивает его применение при дефиците данных металлов. Исследования биосред детей после использования «Полифепана» и «Литовита-М» показало значительное уменьшение содержания Cr, Sr, Pb в крови и моче. Применение «Феокарпина» оказывает положительное влияние на восстановление уровня всех металлов в биологических средах. Использование «Неоселена» не только приводит к интенсивному выведению из организма с мочой Sr, Pb, нарушающих функций почек, но и дефицитного элемента Zn.

11. Установлено, что замена используемого на Волжском водозаборе коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  на  $FeCl_3$  в концентрации  $3 \cdot 10^{-4}$  моль/л ускоряет и повышает эффективность водоочистки в 3 раза. При сохранении используемого коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  аналогичные результаты достигаются совместным предварительным омагничиванием воды в постоянном магнитном поле с напряженностью 30 кА/м: обеспечивается снижение содержания избыточных металлов и величины перманганатной окисляемости до уровня ПДК, исключается использование флокулянта, предотвращается увеличение содержания остаточного алюминия.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Согласно результатам эколого-геохимического зонирования территории г. Казани, выявленные местоположения зон повышенного загрязнения необходимо исключить из дальнейшего селитебного освоения и размещения производственных объектов.

2. Определение степени нагруженности автомагистралей города Казани может служить основой для перераспределения автотранспортных потоков, с целью предотвращения скопления автотранспортных средств на автомагистралях, выделенных как наиболее нагруженные и уменьшения загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами автотранспорта.

3. Результаты проведенного расчетного и экспериментального мониторинга содержания металлов в средах рекомендуется использовать для корректировки программы и размещения точек опробывания действующей сети мониторинга.

4. Рекомендуется использование разработанной и обученной нейронной сети для оценки поступления металлов в результате движения АТС на фоне отсутствия систематических наблюдений в зонах действия автомагистралей.

5. Для оценки степени воздействия содержания металлов в городской среде рекомендуется параллельное определение металлов в различных биологических средах детей: в сыворотке крови и моче – динамично реагирующих

средах при изменении характера и степени антропогенного воздействия, в волосах – для определения степени длительного воздействия факторов малой интенсивности.

6. Предложенный новый подход к определению пороговых содержаний металлов в исследуемых средах, лишенный недостатков нормирования на основе ПДК рекомендуется использовать для корректировки действующих нормативов содержания. Установление пороговых содержаний рекомендуется проводить с применением верхних границ региональных нормативов содержания металлов в волосах с помощью разработанных моделей, отражающих влияние содержания металлов в природной среде на их накопление в биосредах (волосах).

7. Для доочистки питьевых вод, приготавливаемых на Волжском водозаборе, достаточно использования наливных угольных сорбционных фильтров, а для доочистки артезианских подземных вод целесообразно использовать напорные ионообменные или комбинированные (сорбционные и ионообменные) фильтры. Конкретную марку рекомендуется определять на основании содержания металлов в питьевой воде, отобранной в конечной точке потребления, и представленных результатов тестирования фильтров.

8. Данные по эффективности ряда энтеросорбентов/БАД для выведения избыточного содержания металлов из организма и восстановления баланса металлов могут использоваться для уменьшения концентрации свинца в крови. При этом следует использовать энтеросорбенты/БАДы типа «Полифепан», Литовит-М», «Феокарпин»; для снижения уровня стронция – «Литовит-М», «Неоселен». Использование комплекса «Полифепан+Неоселен» и БАД «Неоселен» способствует нормализации содержания хрома в сыворотке крови. Для устранения дефицита цинка в крови наиболее эффективными являются использование «Литовита-М» и «Неоселена».

9. Для увеличения скорости коагуляции, обеспечения требований ГОСТа «Вода питьевая» по ряду исследуемых показателей для водоочистки природных вод на Волжском водозаборе целесообразно заменить используемый коагулянт  $Al_2(SO_4)_3$  на  $FeCl_3$  в концентрации  $3 \cdot 10^{-4}$  моль/л; использование коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  требует предварительного омагничиванием воды в постоянном магнитном поле в течение 15 мин. при напряженности 30 кА/м.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Статьи в журналах, рекомендованных ВАК*

1. Тунакова Ю.А. Комплексное районирование территории по степени экологического неблагополучия [Текст] / Ю.А. Тунакова, Г.Н. Жданова, Д.В. Иванов, А.Р. Буданов // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2001. – № 1. – С. 30-37.
2. Тунакова Ю.А. Оценка влияния загрязнения окружающей среды на состояние здоровья населения [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина, А.Р. Буданов, М.Г. Фасхутдинов // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2002. – №4. – С. 8-12.



3. Тунакова Ю.А. Исследование качества водопроводной питьевой воды из различных источников водоснабжения с учетом вторичного загрязнения (на примере г. Казани) [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2003. – №5. – С.14-16.
4. Тунакова Ю.А. Сравнение эффективности различных типов фильтров для доочистки питьевой воды [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2004. – № 3. – С. 24-27.
5. Тунакова Ю.А. Современные подходы к использованию сорбционных технологий при экологически обусловленных нарушениях состояния здоровья детей [Текст] / Ю.А. Тунакова, Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев, Д.В. Иванов // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2005. – №7. – С. 64-70.
6. Тунакова Ю.А. Методические подходы к оценке вклада выбросов автотранспорта в уровень загрязнения приземного слоя атмосферы металлами (на примере г. Казани) [Текст] / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2006. – №10. – С.40-45.
7. Тунакова Ю.А. Оценка поступления металлов в воздушный бассейн г. Казани с выбросами автотранспорта [Текст] / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова // Вестник Казанского гос. техн. ун-та. – Казань, 2006. – № 4. – С. 68-72.
8. Тунакова Ю.А. Оценка поступления металлов в воздушный бассейн г. Казани с выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В.Иванов // Социально-экономические и технические системы - [www://zurnal@kampi.ru](http://www.zurnal@kampi.ru). – Набережные Челны, 2006. – №8. – 12 л.
9. Тунакова Ю.А. Элементный состав биосред как интегральный показатель опасности полиметаллического загрязнения компонентов окружающей среды урбанизированных территорий (на примере г. Казани) [Текст] / Ю.А.Тунакова // Социально-экономические и технические системы - [www://zurnal@kampi.ru](http://www.zurnal@kampi.ru). – Набережные Челны, 2006. – №8. – 8 л.

*Статьи в журналах и сборниках трудов*

- 10.Тунакова Ю.А. Вклад загрязнения среды обитания г. Казани металлами в формирование нарушений микроэлементного обмена детского населения и способы их коррекции [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев // Экологические проблемы Республики Татарстан: сб. науч. тр. / АН Республики Татарстан. – Казань, 2006. – С. 152-169.
- 11.Тунакова Ю.А. Эколого-геохимические подходы к оценке воздействия факторов малой интенсивности на организм ребенка (на примере г. Казани) [Текст] / Ю.А. Тунакова // Ученые записки Казанского гос. ун-та. Сер. Естественные науки. – 2006. – Т. 148, кн. 2. – С.180-185.
- 12.Тунакова Ю.А. Характеристика источников техногенного загрязнения атмосферы [Текст] / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Вестник Татарстанского отделения Российской Экологической Академии. – Казань, 1999. – № 1. – С. 49-52.

13. Тунакова Ю.А. К вопросу создания автоматизированной системы контроля и управлением качества атмосферного воздуха [Текст] / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников, Р.И. Сабиров // Вестник Татарстанского отделения Российской Экологической Академии. – Казань, 1999. – № 1. – С. 52-56.
14. Тунакова Ю.А. Реализация современных методов комплексной оценки качества окружающей среды на территории Республики Татарстан [Текст] / Ю.А. Тунакова, А.Р. Буданов, Д.В. Иванов // Проблемы инженерного обеспечения и экологии городов: сб. науч. тр. междунар. конф. – Пенза, 1999. – С. 58 – 61.
15. Тунакова Ю.А. Оценка вклада автотранспорта в общий уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Казани [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В.Иванов, М.Г. Фасхутдинов // Автомобиль и техносфера: материалы междунар. науч.-техн. конф / Казан. гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 2003. – С. 291-297.
16. Тунакова Ю.А. Подготовка высших профессиональных кадров в области техносферной безопасности [Текст] / С.В. Белов, В.А. Девисилов, Ю.А. Тунакова // Проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии Зауралья: сб. тр. всерос. конф / Курган. гос. ун-т. – Курган, 2000. – С. 3-9.
17. Тунакова Ю.А. Расчетные методы оценки качества атмосферного воздуха и методика определения влияния загрязнения воздуха на состояние здоровья населения [Текст] / Ю.А. Тунакова, В.А. Девисилов // Тр. Ульяновского науч. центра «Ноосферные знания и технологии» Российской академии естественных наук. – Ульяновск, 2002. –Т. 5, вып. 1. – С. 89-91.
18. Тунакова Ю.А. Загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина, А.Р. Буданов, М.Г. Фасхутдинов // Тр. Ульяновского науч. центра «Ноосферные знания и технологии» Российской академии естественных наук. – Ульяновск, 2002. – Т. 5, вып.1. – С.92-99.
19. Тунакова Ю.А. Использование расчетных методов для оценки качества атмосферного воздуха на территории Республики Татарстан [Текст] / Ю.А. Тунакова, В.А. Девисилов // Сб. тр. междунар. конф. Инженерная экология - XXI век / Московский энергетический ин-т (техн. ун-т). – М., 2000. - С. 17-20.
20. Тунакова Ю.А. Влияние качества атмосферного воздуха на состояние здоровья населения на территории Республики Татарстан [Текст] / Ю.А. Тунакова, В.А. Девисилов // Сб. тр. междунар. конф. Инженерная экология XXI век. – М., Московский энергетический ин-т (техн. ун-т). 2000. – С. 104-107.
21. Тунакова Ю.А. Методические подходы к районированию территории по степени загрязненности [Текст] / Ю.А. Тунакова // Техносферная безопасность: сб. матер. всерос. науч.-практ. конф./ Ростовский гос. строительный ун-т– Ростов-на-Дону - Шепси, 2002. – С.179-184.
22. Тунакова Ю.А. Расчетные методы оценки качества атмосферного воздуха и методика определения влияния загрязнения воздуха на состояние здоро-

- вья населения [Текст] / Ю.А. Тунакова, В.А. Девисилов // Техносферная безопасность: сб. матер. всерос. науч.-практ. конф./ Ростовский гос. строительный ун-т – Ростов-на-Дону - Шепси, 2005. – С.259-262.
23. Тунакова Ю.А. Обеспечение экологической безопасности населения урбанизированных территорий в условиях полиметаллического прессинга [Текст] / Ю.А. Тунакова // Техносферная безопасность: сб. матер. всерос. науч.-практ. конф./ Ростовский гос. строительный ун-т – Ростов-на-Дону-Шепси, 2006. – С.189-194.
24. Тунакова Ю.А. Оценка степени вторичного загрязнения питьевых вод металлами на территории г. Казани [Текст] / Ю.А. Тунакова // Актуальные проблемы гидроэкологии: сб. науч. тр. / Ин-т экологии природных систем АН Республики Татарстан. – Казань, 2006. – С.46-54.
25. Тунакова Ю.А. Рекомендации по оптимизации водоочистки на Волжском водозаборе [Текст] / Ю.А. Тунакова // Актуальные проблемы гидроэкологии: сб. науч. тр. / Ин-т экологии природных систем АН РТ. – Казань, 2006. – С.55-68.
26. Тунакова Ю.А. Оценка эффективности различных типов фильтров по доочистке питьевой воды в конечной точке потребления [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов // Актуальные проблемы гидроэкологии: сб. науч. тр. / Ин-т экологии природных систем АН РТ – Казань, 2006. – С.69-74.
27. Тунакова Ю.А. Создание репрезентативной сети мониторинга: Определение приоритетного списка ингредиентов, контролируемых в воздушном бассейне урбозкосистем. [Текст]: Сообщение 1 / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Мониторинг. – Казань, 1997. – № 1. – С. 19-24.
28. Тунакова Ю.А. Создание репрезентативной сети мониторинга: Определение приоритетного списка ингредиентов, контролируемых в воздушном бассейне урбозкосистем. [Текст]: Сообщение 2 / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Мониторинг. – Казань, 1997. – № 3. – С. 22-28.
29. Тунакова Ю.А. Характеристика источников техногенного загрязнения атмосферы [Текст] / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Мониторинг. – Казань, 1997. – № 4. – С. 14-19.
30. Тунакова Ю.А. К вопросу создания автоматизированной системы контроля и управлением качества атмосферного воздуха [Текст] / А.П. Шлычков, Г.Н. Жданова, Ю.А. Тунакова, Р.И. Сабиров, Г.К. Будников // Мониторинг. – Казань, 1998. – № 1. – С. 24-30.

#### *Монографии*

31. Тунакова Ю.А. Экологический мониторинг металлов на территории г. Казани [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов/ Ин-т экологии природных систем АН РТ – Казань, 2006. – 298 с.

#### *Тезисы конференций*

32. Тунакова Ю.А. Оценка вклада автотранспорта в общий уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Казани [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, М.Г. Фасхутдинов, Р.А. Файзуллина, А.Р. Буданов // Автомобиль и

- техносфера: материалы междунар. науч.-техн. конф. / Казанский гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 2001. – С. 308-312.
33. Тунакова Ю.А. Оценка вклада автотранспорта в общий уровень загрязнения атмосферы г. Казани [Текст] / Ю.А. Тунакова Д.В. Иванов, М.Г. Фасхутдинов // Композиционные материалы в авиастроении и народном хозяйстве: материалы междунар. науч.-техн. конф./ Казанский гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 2001. – С. 63-66.
34. Тунакова Ю.А. Вклад загрязнения среды обитания г. Казани металлами в формирование микроэлементных нарушений у детей [Текст] / Ю.А. Тунакова // Сб. матер. науч. - практ. конф. молодых ученых / Казанская гос. медицинская академия. – Казань, 2006. – С.64-66.
35. Тунакова Ю.А. Влияние загрязнения среды обитания различными металлами на формирование микроэлементных нарушений у детей с хронической гастродуоденальной патологией [Текст] / Ю.А. Тунакова, Р.А. Файзуллина // Материалы XIII Конгресса детских гастроэнтерологов России. – М., 2006. – С.25-27.
36. Тунакова Ю.А. Химико-экологические основы рациональной эксплуатации автотранспорта [Текст] / А.Н. Глебов, Ю.А. Тунакова, Г.Н.Жданова, О.Г.Яковлева, Ю.Ф. Гортышов // Автомобиль и техносфера: сб. науч. тр. междунар. конф. / Казанский гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 1999. – С.143-145.
37. Тунакова Ю.А. Использование расчетных методов для контроля качества атмосферного воздуха [Текст] / Ю.А. Тунакова, Г.Н. Жданова // Композиционные материалы в авиастроении и народном хозяйстве: сб. тр. всерос. науч.-техн. конф. / Казанский гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 1999. – С. 82 – 83.
38. Тунакова Ю.А. Вклад предприятий теплоэнергетического комплекса в загрязнение воздушного бассейна [Текст] / А.Н. Глебов, Ю.А. Тунакова, С.Д. Захаров, Г.Н. Жданова // Экологическое образование и охрана окружающей среды: сб. науч. тр. межвуз. конф. – Казань, 1999. – С.96-98.
39. Тунакова Ю.А. Использование нормативной методики ОНД-86 для оценки качества атмосферного воздуха на территории [Текст] / Ю.А. Тунакова, Г.Н. Жданова // Композиционные материалы в авиастроении и народном хозяйстве: сб. тр. всерос. науч.-техн. конф. – Казань, 1999. – С.80 – 81.
40. Тунакова Ю.А. Обеспечение защиты воздушного бассейна от загрязнения методами оперативного регулирования [Текст] / Ю.А. Тунакова // Композиционные материалы в авиастроении и народном хозяйстве: сб. тр. всерос. науч.-техн. конф. / Казанский гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 1999. – С.88 – 90.
41. Тунакова Ю.А. Комплексная оценка качества окружающей среды на территории Республики Татарстан с помощью интегральных показателей [Текст] / Ю.А. Тунакова, А.Р. Буданов, Д.В. Иванов // Матер. междунар. конф. «Наука-Образование-Производство в решении экологических проблем»: сб. науч. тр. / Уфимский гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа, 1999. – С. 100 – 102.

42. Тунакова Ю.А. Оценка степени неблагополучия экологической ситуации на территории Республики Татарстан, расчет эколого-гигиенического ранга [Текст] / Ю.А. Тунакова, А.Р. Буданов // Перспективы развития Волжского региона: матер. всерос. конф. молодых ученых. /Тверской гос. техн. ун-т.– Тверь, 2000. – С. 21-22.
43. Тунакова Ю.А. Переработка отработанных масел и нефтепродуктов [Текст]/ В.А. Девисилов, Ю.А. Тунакова // Проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии Зауралья: сб. тр. всерос. конф. / Курганский гос. ун-т. – Курган, 2000. – С.31-32.
44. Тунакова Ю.А. Подготовка кадров в области инженерной экологии [Текст]/ А.Н. Глебов, Ю.А.Тунакова // Сб. матер. IV респуб. конф. «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» / АН Республики Татарстан.– Казань, 2000. – С. 67-68.
45. Тунакова Ю.А. Подготовка инженерных кадров в области защиты окружающей среды [Текст] / В.А. Девисилов, Ю.А. Тунакова // Инженерная экология XXI век: сб. тр. междунар. конф. / Московский энергетический ин-т (техн. ун-т). - М., 2000. – С. 227-229.
46. Тунакова Ю.А. Переработка отходов агропромышленного комплекса [Текст] / В.А. Девисилов, Ю.А. Тунакова // Проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии Зауралья: сб. тр. всерос. конф. / Курганский гос. ун-т. – Курган, 2000. – С.32-33.
47. Тунакова Ю.А. Оценка вторичного загрязнения питьевых вод тяжелыми металлами различных источников питьевого водоснабжения г. Казани [Текст] / Ю.А. Тунакова, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина, В.С. Валиев // Сб. матер. V респуб. конф. «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» / АН Республики Татарстан. – Казань, 2002. – С.254.
48. Тунакова Ю.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды и ее связь с заболеваемостью населения [Текст] / Ю.А. Тунакова, А.Р. Буданов, Д.В. Иванов, Р.А. Файзуллина // Автоматика и электронное приборостроение: сб. тр. всерос. науч.-техн. конф. / Казанский гос. техн. ун-т им. А.Н.Туполева. – Казань, 2001. – С.137-139.
49. Тунакова Ю.А. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха городов / А.П.Шлычков, Г.Н Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Материалы всерос. конф. по анализу объектов окружающей среды «Экоаналитика – 96». – Краснодар, 1996. – С.303-304.
50. Тунакова Ю.А. Выбор приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе городов [Текст] / А.П.Шлычков, Г.Н Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Материалы всерос. конф. по анализу объектов окружающей среды « Экоаналитика – 96». – Краснодар, 1996. – С. 301-302.
51. Тунакова Ю.А. Загрязнение природной среды и заболеваемость населения [Текст] / А.П.Шлычков, Г.Н Жданова, Ю.А. Тунакова, Г.К. Будников // Окружающая среда и здоровье: тез. докл. региональной науч. конф. – Казань, 1996. – С.131-132.

### *Пособия и разработки*

52. Тунакова Ю.А. Практикум по общей экологии [Текст] / А.Н. Глебов, О.Н. Краснова, А.Г. Мельникова, Ю.А. Тунакова, А.А. Кулаков, А.Р. Буданов – Казань: Изд-во «Экоцентр», 2002. – 82 с. – Рекомендовано УМЦ Казанского гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева.
53. Тунакова Ю.А. Мониторинг окружающей среды. Общие вопросы. Атмосфера [Текст]: пособие / А.В. Демин, Ю.А. Тунакова, А.А. Заднев. – Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2002. – 136 с. – Рекомендовано УМО вузов по университетскому политехн. образованию в качестве учеб. пособия для студентов, обучающихся по направлению 656500 «Безопасность жизнедеятельности».
54. Тунакова Ю.А. Основы экологии [Текст]: пособие / К.М. Газизуллин, И.Х. Мингазетдинов, В.Л. Романовский, Ю.А. Тунакова, Р.М. Газизуллин, Д.С. Данич // . – Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2005. – 178 с. – Рекомендовано УМО вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 656500 «Безопасность жизнедеятельности».
55. Тунакова Ю.А. Примерная программа дисциплины «Мониторинг среды обитания» [Текст] / В.А. Девисилов, Ю.А. Тунакова // Безопасность жизнедеятельности. – М., 2002. – № 11. – С. 40-45.
56. Тунакова Ю.А. Примерная программа дисциплины «Мониторинг среды обитания» [Текст] // Направления подготовки дипломированного специалиста 656500- Безопасность жизнедеятельности: сб. материалов / В.А. Девисилов, Ю.А. Тунакова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – С. 135-144. - Рекомендована М-вом обр. РФ для направления подготовки дипломированного специалиста 656500 «Безопасность жизнедеятельности» по специальности 330100 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».
57. Тунакова Ю.А. Структура и содержание государственных аттестационных испытаний по направлению подготовки дипломированных специалистов по специальности 280100 «Безопасность жизнедеятельности» (специальность 28010165 Безопасность жизнедеятельности в техносфере) [Текст] / М-во обр. и науки Республики Татарстан; В.А. Девисилов, Е.В. Муравьева, Ю.А. Тунакова. – Казань: 2006. – 73 с. – Допущено УМО вузов по университетскому политехн. образованию в качестве учеб. пособия для студентов, обучающихся по направлению 656500 «Безопасность жизнедеятельности».

### *Отчеты НИР*

58. Тунакова Ю.А. Изучение и оценка комплексного техногенного воздействия на здоровье населения. Эколого-гигиеническое картографирование территории Республики Татарстан. Эколого-геохимическое районирование территории г. Казани по уровню загрязнения атмосферного воздуха, снежного и почвенного покровов тяжелыми металлами, поступающими от стационарных и передвижных источников загрязнения [Текст] // Фундаментальные и прикладные науки, 2001: отчет НИР / АН Республика Татарстан; рук.: Тунакова Ю.А.; исполн.: Иванов Д.В., Файзуллина Р.А., Буданов А.Р. – Казань, 2003. – С.502-503.

59. *Тунакова Ю.А.* Исследование пространственной неравномерности содержания тяжелых металлов в питьевой воде и биосредах детей г. Казани. Оценка микроэлементного дисбаланса организма детей, как показатель экологогигиенической напряженности территории их проживания. Оценка загрязнения питьевой воды тяжелыми металлами по районам г. Казани, установление корреляционной зависимости содержания тяжелых металлов в питьевой воде и биосредах детского населения, выявление вклада загрязненной питьевой воды в формирование предпатогенных состояний у детского населения [Текст] // Фундаментальные и прикладные науки, 2002: отчет НИР / АН Республики Татарстан; рук.: Тунакова Ю.А.; исполн.: Иванов Д.В., Файзуллина Р.А., Валиев В.С. - Казань, 2004. – С.622-623.
60. *Тунакова Ю.А.* Исследование пространственной неравномерности содержания тяжелых металлов в питьевой воде и биосредах детей г. Казани. Оценка микроэлементного дисбаланса организма детей, как показатель экологогигиенической напряженности территории их проживания. Разработка оптимальных схем доочистки питьевой воды в районах г. Казани в зависимости от источника питьевого водоснабжения. Исследование содержания тяжелых металлов в водно-пищевых рационах детей с целью более полной оценки поступления, абсорбции, депонирования и элиминации элементов. Разработка рекомендаций для территориально-дифференцированной реабилитации детей на основании детального анализа нарушений их микроэлементного гомеостаза [Текст]// Фундаментальные и прикладные науки, 2003: отчет НИР / АН Республики Татарстан; рук.: Тунакова Ю.А.; исполн.: Иванов Д.В., Файзуллина Р.А., Валиев В.С. - Казань, 2005. – С. 608-609.

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Печ.л. 2,5. Усл. Печ.л.2,32.Усл. кр. – отт.2,32.Уч.-изд.л.2,01.  
Тираж 100. Заказ И 189.

---

Издательство Казанского государственного технического университета  
Типография Издательства Казанского государственного  
Технического университета  
420111 Казань, К. Маркса, 10